في علوم البيئة والحفاظ عليها

مهندس استشاري
محمد أحمد السيد خليل

الدار الثقافية للنشر

في
علوم البيئة والحفاظ عليها

- تلوّث المياه وأخطاره البيئيّة.
- البيئة الصّحية داخل المنشآت السّكنية والخدميّة.
- المناخ والغلاف الجوّى.
- التلوّث الإشعاعى والكيميائى والوقاية منه.
- الأرض والمحيط الصّخرى (القشرة الأرضيّة).
- معالجات المخلّفات الصّحية المنزليّة وإنتاج البيوجاز.
- الطاقة صديقة البيئة

مهندس استشاري
محمّد أحمد السّيد خليل

الدار الثقافية للنشر

خليل ، محمد أحمد السيد
فى علوم البيئة والحفاظ عليها
محمد أحمد السيد خليل ـ ط١ ـ القاهرة : الدار الثقافية للنشر ، ٢٠٠٦ .
١٩٢ ص ، ٢٤ سم
تدمك ١ ـ ١٩٨ ـ ٣٣٩ ـ ٩٧٧
رقم الإيداع بدار الكتب المصرية ١٨٧٢٨/ ٢٠٠٦
١ – حماية البيئة
٢ – البيئة ، علم
أ ـ العنوان : فى علوم البيئة والحفاظ عليها
٦١٤,٧

الطبعــة الأولــى

١٤٢٨هـ / ٢٠٠٧ م

صندوق بريد ١٣٤ بانوراما ١١٨١١

تليفاكس ٤٠٢٠٥١٥ ـ ٤٠٣٥٦٩٤ ـ ٤١٧٢٧٦٩

Email: nassar@hotmail.com

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups/ /Biothesis

https://www.researchgate.net/profile/ /Salam_Ewaid

07807137614



بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

إن البيـئة بمفهـومها العـام هـى الوسـط المحيط بالإنسان والذى يشمل كافة الجوانب المادية وغير المادية، البشرية منها وغير البشرية فالبيئة تعنى كل ما هو خارج عن كيان الإنسان وكل ما يحيط به من موجودات – فالهواء الذى يتنفسه الإنسان والماء الذى يشربه والأرض التى يعيش عليها وكذلك ما يحيط به من كائنات حية أو من جماد هى عناصر البيئة التى يعيش فيها وهى الإطار الذى يمارس فيه حياته ونشاطاته المختلفة. وعلوم البيئة تعنى بدراسة التفاعل بين الحياة والبيئة، أى بتناولها تطبيق معلومات فى مجالات معرفية مختلفة للحفاظ على البيئة وحمايتها من الأنشطة البشرية الضارة وبتحسين نوعيتها لتناسب حياة الإنسان. وفى هذا الكتاب تم تناول الموضوعات الآتية:

١- الفصل الأول: تلوث المياه وأخطاره البيئية.

٢- الفصل الثانى: البيئة الصحية داخل المنشآت السكنية والخدمية.

٣- الفصل الثالث: المناخ والغلاف الجوى.

٤- الفصل الرابع: التلوث الاشعاعى والكيمائى والوقاية منه.

٥- الفصل الخامس: الأرض والمحيط الصخرى (القشرة الأرضية).

٦- الفصل السادس: معالجات المخلفات الصحية المنزلية وإنتاج البيوجاز.

٧- الفصل السابع : الطاقة صديقة البيئة.

وأننى أرجو أن تحقق تلك الموضوعات ما نرجوه من الإفادة.

والله الموفق

القاهرة فى ١٩ من جمادى الآخر ١٤٢٧هـ
الموافق ٢٥ يوليو ٢٠٠٦ م

مهندس استشارى
محمد أحمد السيد خليل

الفصل الأول

تلوث المياه وأخطاره البيئية

تقديم:

الماء هو عصب الحياة فهو أساس الحياة لكل الكائنات الحية (الإنسان والحيوان والنبات). وصدق الله العظيم حيث يقول ﴿ **وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ** ﴾ [**الأنبياء آية: (٣٠)**].

الماء هو أهم المواد الطبيعية على كوكب الأرض (بعد الهواء الجوى)، فكمياته ثابتة وإن تغيرت بين العذب والمالح والسطحية والجوفية. تمثل المسطحات المائية ٨٠٪ من سطح الكره الأرضية والتى تقدر بالميل المكعب، ففى البحار والمحيطات ٣١٧ مليون ميل مكعب والثلوج الجليدية ٧,٣ مليون ميل مكعب، البحيرات المالحة ٢٥ ألف ميل مكعب، المياه الجوفية مليون ميل مكعب، مياه البحيرات العذبة ٣٠ ألف ميل مكعب، المياه الجوفية مليون ميل مكعب، التربة الغير مثبتة ١٦ ألف ميل مكعب، مياه البخار فى الجو ٣,١ ألف ميل مكعب. تمثل المياه ٧٥٪ من وزن جسم الإنسان، ٨٠٪ فى معظم الخضروات. وفى نفس الوقت فإن المياه هى من مسببات ٨٠٪ من الأمراض فى العالم سوءا لتلوثها أو لعدم وفرتها طبقا لاحتياجاته. المياه تسير طبقا للظروف المناخية كمياه الأمطار والطبوغرافية كمياه الأنهار والهيدرولوجية كالمياه الجوفية وذلك خارج الحدود السياسية والإقليمية للتقسيمات الأرضية.

المياه فى المجارى السطحية تكون عذبة وملوحتها ما بين ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون وهى الصالحة للشرب والاستخدام المنزلى بعد معالجتها وكذلك لاستخدامها فى الزراعة. مياه البحار والمحيطات تتراوح ملوحتها ما بين ٢٠٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ جزء فى المليون. المياه الجوفية إما أن تكون عذبة أو مالحة وكقاعدة فالخزانات الجوفية المالحة تكون قريبة من شواطئ البحار وتتدرج فى الانخفاض فى التربة الحاملة للمياه تحت منسوب سطح البحر كلما بعدت عن الشاطئ، وقد تصل المياه الجوفية إلى مسافات بعيدة جدا طبقا لنفاذية التربة ومعدل الانتقال للمياه وخاصة إذا كانت تعلوها طبقة صماء غير

منفذة للمياه تحدد مسار الخزان الجوفى المالح. وكذلك بالنسبة للمياه الجوفية العذبة، فالقاعدة أن المياه الجوفية العذبة تعلو المياه المالحة الأكثر كثافة. ويتدرج سمك الطبقة الحاملة للمياه العذبة فى الانتفاص كلما قربنا من شاطئ البحر وبالتالى يتدرج سمك الطبقة المالحة فى الزيادة. وفى بعض أنواع التربة توجد أملاح الحديد والمنجنيز المذابة فى الماء وكذلك أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ويرجع ذلك إلى تحلل المواد العضوية والهلامية والكائنات الدقيقة والملوثات العضوية عموما التى تحملها المياه السطحية أثناء تسربها إلى جوف الأرض لتغذية الخزان الجوفى. ونتيجة التحلل للملوثات العضوية تنتج مركبات كيماوية بسيطة منها ثانى أكسيد الكربون الذى يذيب أملاح الحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنسيوم التى تكون فى شكل مركبات الكربونات الغير مذابة وتحولها إلى مركب البيكربونات المذابة فى الماء وذلك طبقا لنوع التربة الحاملة للمياه الجوفية. ففى التربة الجيرية تظهر أملاح العسر من الكالسيوم والمغنسيوم، أما التربة من الحجر الرملى والتربة الطفلية فتظهر أملاح الحديد والمنجنيز. وقد تتخلص المياه السطحية أثناء رحلتها إلى الخزان الجوفى من بعض العناصر الثقيلة المذابة المسببة للأمراض المزمنة وتستبدلها بعناصر أخرى من أملاح التربة الغير ضارة وذلك بطريقة التبادل الأيونى. وإذا كانت المياه هى الأساس فى حياة الإنسان بالإضافة إلى ما توفره كمصدر للاستمتاع والرياضة والترفيه، إلا أن المياه هى المسببة لمعظم الأمراض وذلك فى حالة تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض أو بالعناصر الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة أو بالملوثات الأخرى التى تحد من استساغة المياه للشرب أو عدم صلاحيتها للاستخدام المنزلى، هذا بالإضافة إلى أن عدم توفر المياه بالقدر المناسب لأغراض النظافة العامة يسبب أمراض الجلد والعين. وإذا كان الهدف هو المحافظة على صحة الإنسان فإن مخاطر المياه لا تقف عند تلوث مياه الشرب فقط حيث قد تصل الملوثات إلى مصادر غذائه من حيوان ونبات وطيور والتى ترتوى بهذه المياه الملوثة ولهذا تبرز أهمية المحافظة على سلامة البيئة المائية سواء بالنسبة للموارد المائية السطحية العذبة أو مياه الخزانات الجوفية ومما يؤدى كذلك إلى خفض تكاليف معالجة المياه لإعدادها للشرب والاستخدام المنزلى، وذلك على ضوء زيادة الملوثات بأنواعها المختلفة مع زيادة الأنشطة التنموية والصناعية واستخدام الكيماويات والمبيدات وكيماويات التسميد بالإضافة إلى الصرف العشوائى لمياه الصرف الصحى أو الصرف الصناعى الغير معالج أو المخلفات المنزلية.

الملوثات فى المياه

١- مقدمة :

الماء لـه استعداد قوى لإذابة المواد الأخرى حيث يشار إليه أنه المذيب العالمى. الماء النقى (H_2O) غير موجود فى المجارى السطحية والبحيرات والمياه الجوفية والمحيطات فى الظروف العادية، فالماء دائما يكون به شئ ما مذابا أو عالقا. ويعتبر الماء أنه ملوث عندما يحتوى على مواد بالتركيز الذى يجعله غير مناسب لاستخدام معين.

فنرى أن مياه الأمطار تتلوث قبل سقوطها على سطح الأرض بما تذيبه من غازات الهواء الجوى مثل الأكسجين والنيتروجين وغازات أخرى مثل ثانى أكسيد الكربون والميتان الناتج عن التفاعلات البيولوجية أو الغازات الحامضية الناتجة عن الأنشطة الصناعية والتى تتحول إلى أحماض عند إذابتها فى الماء وهى غازات كلوريد الهيدروجين، أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين وفى الحالة الأخيرة هذه تسمى الأمطار الساقطة بالأمطار الحامضية حيث تعمل على تحول الرقم الهيدروجينى نحو الحالة الحامضية. وعند سقوط المياه على سطح الأرض فإنها تحمل الملوث من مواد التربة و المخلفات النباتية والحيوانية والأسمدة والمبيدات نحو المجارى المائية. وهذه المواد يمكن أن تدخل المجرى المائى مع تدفقها. وتصل الملوثات إلى المسطحات المائية عن طريق صرف المخلفات الزراعية والصحية والصناعية والصرف العشوائى للمخلفات المنزلية.

يمكن تقسيم ملوثات المياه إلى مجموعات من المواد أساسا طبقا لتأثيراتها الصحية والبيئية وذلك بالنسبة للمسطحات المائية وهى:

- الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض.
- المواد التى تستهلك الأكسجين المذاب فى الماء.
- المواد الغذائية للكائنات النباتية وهى المسببة للسمية للكائنات الميدانية.
- المواد العضوية السامة العالقة أو المذابة.
- الكيماويات الغير عضوية العالقة أو المذابة.
- المواد المشقة.
- الحرارة.
- الزيوت

مصادر هذه الملوثات وتأثيراتها على المسطحات المائية :

١ - **الصرف الصحى المنزلى** هو المصدر الرئيسى للأنواع الثلاث الأولى من الملوثات. الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (PATHOGENS) التى تكون فى إفرازات حاملى العدوى من ذوى الدم الحار (الإنسان والحيوان والنبات) وهذه الكائنات الحية الدقيقة هى المسببة للأمراض الوبائية. كذلك الصرف الصحى يحمل المواد التى تستهلك الأكسجين المذاب فى الماء وهى المواد العضوية عند التحلل الهوائى بواسطة البكتريا الهوائية. هذا الفقد فى الأكسجين هو الذى يغير الاتزان البيئى للمياه، حيث قد يسبب الموت للكائنات المائية (الأسماك). النيتروجين والفوسفور وهما من أهم مواد الغذاء الموجودة فى مياه الصحى وكذلك فى مياه الصرف الزراعى، إلا أن هذه المواد وإن كانت غذاء للكائنات النباتية والطحالب فى المجارى المائية إلا أنها سامة للكائنات الحيوانية المائية (الأسماك). المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى تقلل من كمية الكائنات المرضة وكذلك الأكسجين الحيوى المطلوب فى مياه الصرف ولكن لا يتم التخلص نهائيا منهما، ولكن هناك فيروسات معينة يمكن أن تقاوم عمليات التطهير لمياه الصرف. ولخفض كميات النيتروجين والفوسفور من مياه الصرف يتم استخدام بعض أنواع المعالجات الخاصة والتى تسمى المعالجة الثلاثية.

الكيماويات العضوية السامة، يمكن كذلك أن تصل مباشرة إلى الماء من الأنشطة الصناعية، كما هو ملاحظ من الصرف للمخلفات الصناعية قبل معالجتها. إن إدارة عمليات التخلص من الكيماويات السامة والمخلفات الخطرة الأخرى له تأثير هام على البيئة وخاصة بالنسبة لحماية نوعية المياه الجوفية. كذلك فإن الكيماويات الغير عضوية السامة وخاصة تلك من المعادن الثقيلة مثل الرصاص، الزئبق، والكروم، والنيكل، والزرنيخ هى كذلك يكون مصدرها الأنشطة الصناعية وتعتبر من المخلفات الخطرة. الزيوت يمكن أحيانا غسيلها نحو المياه السطحية فى مياه غسيل الشوارع وانتظار السيارات. وكذلك فإن المياه الجوفية يمكن أن تتلوث نتيجة تسرب الوقود من الخزانات تحت سطح الأرض. كذلك يحدث أحيانا الانسكاب للزيوت (الغير متعمد) من ناقلات الزيت الضخمة فى مياه البحر بما يسبب خطر بيئى كبير على البيئة المائية. كذلك فقد تتحرك إنسكابات الزيت نحو الشاطئ بما يفسد مناطق الترويح، والاستجمام. المواد

المشعة قد تصل إلى المسطحات المائية عن طريق الصرف الغير معالج لمخلفات الأنشطة البحثية والطبية الحاملة للمواد المشعة. وكذلك يمكن أن توجد المواد المشعة فى المياه الجوفية للتربة الحاملة للمواد المشعة.

وعموما فإن المخلفات السائلة التى تحتوى على مواد سامه عضوية أو غير عضوية أو مواد مشعة أو مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار أو مواد شديد الحموضة أو القلوية فإنه يتم التعامل معها كمواد خطرة ولها طرق خاصة للتداول والتخلص الآمن.

٢- التلوث الحرارى: تعتبر الحرارة من ملوثات الماء نظرا للتأثير السئ الذى تحدثه على مستوى تركيز الأكسجين والكائنات المائية فى المسطحات المائية. بالنسبة لمياه التبريد المستخدمة فى محطات إنتاج الطاقة والتى تزيد كمياتها عن أى استخدامات أخرى، والتى تحمل الحرارة عند مرورها خلال المكثفات فى محطات إنتاج الطاقة (حيث يتحول البخار إلى الماء فى المكثفات). درجة حرارة الماء المستخدم فى التبريد يمكن أن تزداد بحوالى ١٥م بعد قيامها بتكثيف بخار الماء.

صرف المياه الساخنة فى المسطح المائى يسمى تلوث حرارى. ارتفاع درجة الحرارة يقلل من إذابة الأكسجين فى الماء ويزيد من معدل الأيض (بناء ودثور بروتوبلازم الخلايا (METABOLISM) للكائنات المائية، وهذا يسبب التغير فى الاتزان الإحيائي بين الكائنات الحية وبيئتها (ECOLOGY) فى الماء. بعض الأسماك لا تستطيع العيش عند درجة حرارة أعلا من ٢٥م. كما أن بعض الأسماك يمكن أن نكون حياتها أفضل عند درجة حرارة دافئة حتى ٣٥م. ونظرا لأن أجناس مختلفة من الأسماك الكبيرة تفضل المياه الدافئة، فإنه يتم أحيانا تسمية التلوث الحرارى بالوفرة الحرارية للإشارة إلى ما يسببه الدفئ فى المياه. ولكن رغم حقيقة أن كثيراً من الأسماك قد تتجمع قرب ماسورة الصرف لمياه التبريد من محطة الطاقة، إلا انه تظهر مشكلة عند التوقف المفاجئ للمحطة بسبب الإصلاح. الانخفاض المفاجئ فى درجة حرارة الماء يسبب الموت للأسماك بنسب كبيرة، حيث تطفو آلاف الأسماك الميتة على سطح الماء أو يتم كسحها نحو الشاطئ.

يمكن التحكم فى التلوث الحرارى بتمرير المياه خلال التبريد أو بركه التبريد بعد خروجها من المكثف. الحرارة يمكن نشرها فى الهواء أو فى الماء وعندئذ يمكن صرف مياه التبريد فى السطح المائى أو إعادتها بالضخ لإعادة استخدامها كمياه تبريد.

٣- الحد من تعريه التربة والترسيب : إن التحـرك الطبيعـى لحبيبـات التربة بواسطة الـرياح أو المـاء مـن مكـان إلى آخـر يـسمى تآكل التربة أو تعريتها وهو يعتبر من المشاكل البيئـية الحادة. التربة فى المساحات الزراعية تعتبر مورد طبيعى ثمين والفقد لهذه التربة الخـصبة فـى حالـة الاسـتخدام الغـير رشـيد يمكن أن يكون كارثة، كما أن تعريه التربة تعتبر من بين المصادر الرئيسية لتلوث المياه.

جـسيمات التربـة العالقـة فـى المـاء تعـيق اختراق ضوء الشمس، وهذا بالتالى يقلل من نـشاط التمثـيل الـضوئى للنباتات المائية والطحالب، بما يسبب الإرباك للاتزان الإحيائى للمـسطح المائـى. عـند انخفاض سرعة الماء فى المجرى المائى فإن الأجسام العالقة ترسب فـى قـاع المجـرى المائى أو البحيرة. خمود الرواسب فى القاع وتراكمها يحدث اضطراب فـى دورة التكاثـر للأسمـاك والكائـنات المائـية الأخـرى. وقـد تحـدث التعـرية أو البرى لأجناب المجرى المائى أو إزالة التربة من قاع المجرى نتيجة الحركة السريعة للمياه.

يمكـن الحـد مـن بـرى التربـة بتغطـية الأرض المحـيطة للمـسطح المائـى بالنـباتات والـزراعات أو ببـناء أحـواض لتـتقاطع مـع المياه الحاملة لحبيبات التربة والتى يمكن أن تكـون مؤقـتة أو مـستديمة. تصميم الإنشاءات الأرضية لخفض ذروة الفيضانات والتدفقات العالـية. كمـا يمكن خفض سرعات التدفق بالاستقامة المناسبة للميول. كذلك يمكن حماية المجرى المائى بتبطين الأجناب بالكتل الحجرية أو بالحشائش أو بالكتل الخرسانية.

٤- تلوث المجرى المائى:

المجـارى المائـية والأنهـار والمـصارف الـزراعية هـى مياه سطحية حيث فيها تتحرك الكـتلة المائـية باسـتمرار، وهـى أقـل عمقـا أو عرضـا من البحيرات كما أن فرصة تعرض مياهها لسطح الأرض كبيرة. المياه المتدفقة تحمل الطحالب أسفل المجرى المائى كما أنها تعيق نمو النباتات الجذرية على قاع المجرى.

المجـارى المائية يمكنها استعادة نقائها من تأثيرات التلوث طبيعيا بدون مخاطر بيئية كـبيرة أو مـستمرة وذلك لقدرتها على تحلل المخلفات العضوية القابلة للتحلل البيولوجى. تـتوقف قـدرة التنقـية الذاتـية للمجـرى المائـى علـى حجم وتركيز الملوثات وعلى تصرف المجـرى المائـى أو معـدل تدفقـه. تعـتمد طاقـة المجـرى المائـى فـى التنقية الذاتية على تـأثيرات التخفـيف للملـوثات واسـتمرار الـتدفق للمـياه، وبـنفس الأهمية هو تأثير انتقال الأكـسجين بـين الهواء أو الماء، وهذا ما يسمى بإعادة التهوية. الأكسجين المذاب فى الماء

يـتم تجديـده باسـتمرار مـع إذابـة الهـواء الجـوى عـند سطح الماء. المجارى المائية ذات الـتدفقات السريعة والمضطربة يتم إعادة تهويتها أكثر من المجارى العميقة بطيئة التدفق، وذلـك بـسبب زيـادة المـساحة الطحية والالتصاق بين الهواء والماء فى التدفقات المضطربة وجيدة الخلط.

ولكـن الكـثافة الـسكانية العالية وزيادة الأنشطة التنموية والصناعية كانت السبب فى عـدم قـدرة المجـارى المائـية والأنهار على المعالجة الذاتية لمخلفات الصرف الغير معالج، بما يتطلب عمل إجراءات وقاية بيئية للمجرى المائى. لذلك فإن عمل المعالجة لإزالة الكم الكافـى مـن الحمـل العـضوى القابل للتحلل البيولوجى من مياه الصرف يكون كافيا لهذا الغرض، وهو أدنى مستوى مطلوب من المعالجة طبقا لمعايير صرف مياه الصرف المعالج.

من المهم معرفة انه ليس كل الملوثات يمكن معالجتها والتخلص منها بالطرق الطبيعية وهـــذا ينطـــبق علـــى الملـــوثات العـــضوية الغـــير قابلـــة للـــتحلل البيولوجـــى (**NONBIODEGRADABLE**). حتـى أن عملـية التخفـيف الطبيعية غير مؤثرة عند ترسـيب هــذه المــواد المنــيعة فــى قــاع النهــر. مــثال لهــذه الكــيماويات المنــيعة (**POLY CHIORINATED BIPHENOL**) والمبيد الحشرى (**KEPONE**). هذه المـواد قـد تظـل لحـين إزالـة الترسـيبات مـن قـاع النهـر ولكن عملية الإزالة قد تزيد من التلوث نتيجة تقليب الرواسب الملوثة.

التخفـيف (**DILUTION**): عملـية معالجـة المخلفـات فـى المجرى المائى تتم من خـلال عمليـتين أساسيتين وهما (١) التخفيف والتهوية (٢) حدوث العمليات البيولوجية التـى تـستخدم فـيها الكائـنات الحـية الدقـيقة الموجودة فى الماء الأكسجين المذاب لتقوم بـتحلل الملـوثات العـضوية وتحـويلها إلى مواد غير ضارة. عند نقطة الصرف لمياه الصرف فـى المجـرى المائـى فإن عملية الخلط والتخفيف تتم فى الحال ثم تقوم الكائنات الدقيقة باسـتغلال الأكـسجين المـذاب فـى المـاء وتحلـل المواد العضوية. تحت التيار وعلى مسافة يمكـن تقديـرها بـنظم المحاكـاة تتحلل المواد العضوية وينتقل الأكسجين من الجو إلى الماء ويسترد المجرى المائى الأكسجين المذاب.

مناطق التلوث:

معظم المجارى المائية التى يحدث لها تلوث من مصدر معين للملوثات العضوية القابلة للتحلل البيولوجى يمكن وصفها فى أربعة مناطق وهى:

(١) — المنطقة الأولى وهى منطقة التحلل، والتى تكون أسفل نقطة الصرف للمخلفات. تتصف هذه المنطقة بوجود المواد الصلبة الطافية والعكارة وأشكال مرئية أخرى للتلوث. مستوى الأكسجين المذاب يبدأ فى الهبوط سريعا فى هذه المنطقة.

عند انخفاض مستوى الأكسجين المذاب إلى حوالى ٤٠٪ من قيمة تشبعه فإنه تبدأ منطقة التحلل النشط، عندئذ فإن الأجناس العالية من الكائنات المائية (مثل سمك السلمون) إما إن تموت أو تهاجر بعيداً عن المنطقة، وإن كانت بعض أنواع الأسماك ذات المقاومة العالية يمكنها أن تستمر. ترسيبات الحماة للمواد الصلبة العالية يمكن أن تتكون فى المجرى المائى، عندئذ تحدث حالات لا هوائية حيث تتحلل المواد العضوية لا هوائا ويلاحظ ذلك نتيجة فقاعات غازية وحمأة طافية ورائحة كريهة.

بعد تحل معظم المواد العضوية بفعل البكتريا فى الماء، فإن معدل إعادة التهوية (إذابة الأكسجين) يزيد عن معدل انخفاض وإزالة الأكسجين. عند زيادة مستوى الأكسجين المذاب ثانيا إلى نسبة ٤٠٪ من تركيز التشبع، تبدأ منطقة التنقية الذاتية. هذه المنطقة تتصف بالتنقية التدريجية للماء بدون روائح منفرة، وإعادة ظهور الكائنات المائية.

يلى منطقة التنقية منطقة المياه النظيفة. هذه المنطقة تتصف بالماء النظيف والمستوى المرتفع من الأكسجين المذاب، البيئة المناسبة لحياة الكائنات المائية، فى الواقع فإن المجرى المائى قد استعاد نوعيته خلال عملية التنقية الذاتية. ولكن عادة فإن نقط الصرف الأخرى أو المصادر العشوائية للتلوث يمكن أن تحدث تغيير فى شكل مناطق التلوث هذه فى المجرى المائى ولكن هذا النموذج يساعد فى تفهم طبيعة تلوث المجرى وإيجاد الحلول الهندسية للمشكلة والتى تتضمن:

* سحب المياه من موقع مناسب فوق التيار لمكان الصرف.
* سحب المياه من أسفل سطح الماء بعمق لا يزيد عن واحد متر بما يمكن من الحصول على مياه غنية بالأكسجين المذاب وذلك مع التغير فى منسوب سطح الماء فى المجرى المائى.
* تشديد الوقاية على عدم إلقاء المخلفات أو الصرف العشوائى فى المجرى المائى فوق التيار لموقع المأخذ التى تم اختياره.

٥ - تلوث البحيرة:

تلوث البحيرات الطبيعية أو الصناعية (الخزانات) يسبب مشاكل ولكنها تختلف عن المشاكل التى يسببها تلوث المجارى المائية أو الأنهار. هذا أساسا يسبب الخواص الطبيعية، فنرى أن الماء فى المجرى المائى دائم الحركة ويوفر أداء الدفق للملوثات القادمة، ولكن فى البحيرات المياه لا تتحرك كثيرا وعلى الإطلاق وهى تحتجز لفترة زمنية طويلة. فى بعض الأحيان الملوثات التى يتم صرفها فى البحيرة يمكن أن تظل هناك لسنين طويلة. البحيرات كذلك تتأثر بشدة بفعل التغيرات الموسمية فى درجات الحرارة.

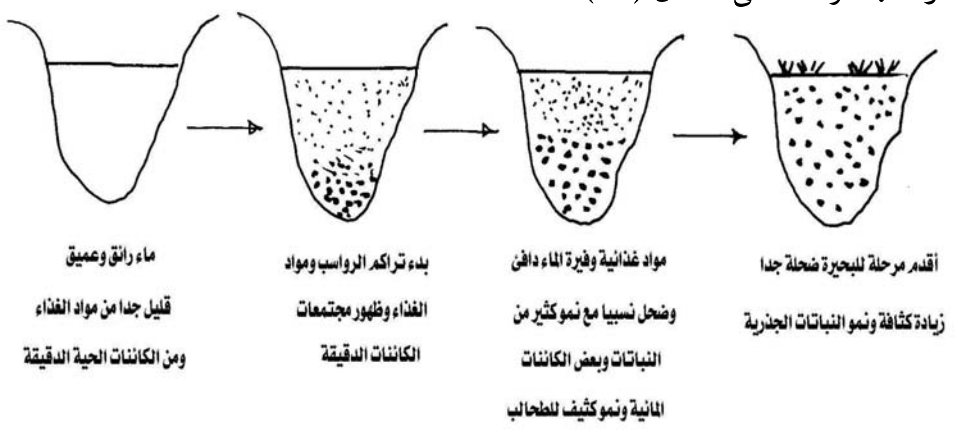
فى المجارى المائية تؤثر الملوثات العضوية على حالة الأكسجين. ففى البحيرات تكون النوعية أكثر اعتمادا على الغذاء النباتى وليست المواد العضوية فى مياه الصرف. فأملاح الفوسفات والنترات هما أهم غذاء أساسى للنباتات، فعند تراكم الملوثات المحتوية على تلك الأملاح فإن النباتات المائية الجذرية والطحالب حره الطفو يمكن أن تنمو بوفرة.

الطحالب والنباتات المائية تموت أحيانا وترسب فى قاع البحيرة، حيث تتحلل بفعل البكتريا والبروتوزوا، وهذا بسبب خفض الأكسجين المذاب فى أجزاء من البحيرة. زيادة نمو وتكاثر الطحالب أو السحب الطحلبية يمكن أن يكون غطاءًا من القاذورات الطافية على سطح الماء. ومع النمو الكثيف للنباتات الذى يحدث على طول الشاطئ فإنها يمكن أن تعيق حركة القوارب وعمليات صيد الأسماك ، كما أن البحيرة التى تعانى من السحب الطحلبية ليست منتجع جيد للترفيه والاستمتاع. هذا بالإضافة إلى انه فى حالة استخدام مياه البحيرة فى إمدادات المياه للشرب والاستخدام المنزلى فإن هذه الطحالب تزيد من تكاليف معالجة المياه حيث الخلايا النباتية بما يتطلب زيادة معدل نظافة المرشحات. كذلك فإنه يمكن أن يكون مطلوبا كيماويات إضافية للمساعدة فى الحد من المذاق والرائحة للمياه التى يسببها وجود الطحالب. تآكل النباتات مع مواد التربة التى تحمل إلى البحيرة تتراكم بالتدريج فى شكل رواسب عند قاع البحيرة. ومع انخفاض منسوب المياه وبالتالى زيادة الدفئ فإن ميزان الكائنات المائية يتأثر حيث أصناف تهاجر وأخرى تعود وهكذا.

فرط النمو الطحلبى وتعفنه فى البحيرة (Eutrophication):

البحيرات لها دور حياة طبيعية. معظم البحيرات تبدأ جيولوجيا ككتلة مائية رائقة عميقة. فى هذه الحالة فإنها تسمى بحيرات فقيرة الغذاء وغنية بالأكسجين (**OLIGOTROPHIC**). وهذه عادة يكون لها قاع رملى أو حجرى، وقليل جدا من الغذاء، وندرة الحياة النباتية أو السمكية. بعد سنين تتراكم المواد الغذائية ببطئ وتدخل كائنات أكثر من مجارى الدخول وما قد يحيط بها. الرواسب الغريئية الرملية (**SILTY**) تبدأ فى التكوين عند القاع مع مرور البحيرة خلال مرحلة التغذية المتوسطة (**MESOTROPHIC**) من وجودها.

مرحلة النماء الطحلبى للدورة الحياتية للبحيرة تتصف بضحالة دفئ المياه، مع الغذاء الكافى لغذاء الأعداد الكبيرة من الكائنات النباتية والأسماك. فى بحيرة النماء الطحلبى يوجد أحيانا النمو الطحلبى فى شكل سحابات من الطحالب فى الماء، كما سبق توضيحه، وفى أوقات معينة من العام فإن الماء عند القاع قد يكون خاليا تماما من الأكسجين المذاب. زيادة النمو الطحلبى وتعفنه يؤدى إلى شيخوخة البحيرة أو ما يسمى بالبحيرة الهرمة (**SENES CENT LAKE**)، والتى تتصف بالترسيبات الكثيفة من الغرين العضوى والمستويات المرتفعة من مواد الغذاء. البحيرات الهرمة تكون شديدة الضحالة مع زيادة نمو النباتات الجذرية خلال البحيرة. قد يصل حال البحيرة إلى ما يسمى بالمستنقع مع استمرار العمليات الجيولوجية والبيئية الطبيعية. شيخوخة البحيرة مراحلها موضحة فى الشكل (١).



شكل (١) المراحل الأربع لعمر البحيرة - كل البحيرات تمر خلال المراحل العمرية الطبيعية التى تسمى فرط النمو الطحلبى وتعفنه , الأنشطة الآدمية هى التى تعجل هذه العملية

العملية الطبيعية للنمو الطحلبى فى البحيرة وتعفنه وانخفاض الأكسجين المذاب ما بين مراحل انخفاض الغذاء ووفره الأكسجين إلى مرحلة الهرم تستغرق عدة مئات أو

آلاف من السنين. وهى عملية شديدة البطئ. وعند الإشارة إلى البحيرات فقد تم استخدام تعبير النمو الطحلبى (**EUTROPHICATION**) مرادفا للتلوث عند الإشارة إلى البحيرات، ربما يكون ذلك لأن الصفة الأكثر دقة للمشكلة تكون النمو الطحلبى المستنبت (**GULTURAL EUTOPHICATION**). النمو الطحلبى المستنبت هو تعجيل وإسراع للشيخوخة الطبيعية للبحيرة بسبب الأنشطة الآدمية فى حوض البحيرة أو روافد تغذيتها.

الحد من النمو الطحلبى المستنبت:

حوالى ثلث البحيرات فى بعض دول العالم أصبح فاسدا بدرجة كبيرة وذلك نتيجة للنمو الطحلبى، حيث يعيش السكان على مسافة حوالى خمسة أميال من البحيرة. مخلفات الصرف الصحى المعالج وتدفقات مياه الأمطار السطحية تحمل كميات كبيرة من مواد الغذاء للنباتات المائية (الطحالب) فى هذه البحيرات بما يعجل من عملية النمو الطحلبى وتعفن النباتات المائية وانخفاض المحتوى من الأكسجين المذاب فى الماء.

مركبات الفوسفور والنيتروجين هما من أهم مواد الغذاء للنبات. ولكن، يعتبر الفوسفور هو العامل الحدى ويحتاج إلى درجة عالية من التحكم. إنه يلزم فقط تركيز الفوسفور الغير عضوى حوالى ٠,٠٢ ملجرام/لتر ليسبب وجود سحابة طحلبية فى مياه البحيرة، ولكن النيتروجين الغير عضوى يمكن أن يكون تركيزه أكبر من عشرة أضعاف هذا المستوى. فى حالة المحافظة على تركيزات الفوسفور لتكون أقل من ٠,٠٢ ملجرام/لتر فإنه عادة لا يحدث نمو كبير للطحالب.

فى المناطق حيث معظم مدخلات مواد الغذاء (الفوسفور والنيتروجين) من مناطق مختلفة، مثل التدفقات السطحية من المساحات الزراعية، فإن طرق المعالجة المتقدمة لمياه الصرف الصحى تصبح ذات قيمة ضعيفة كطريقة للتحكم. الاستخدام الرشيد للأسمدة، وكذلك التحكم فى نحر التربة، حيود تدفقات المياه السطحية تساعد فى حماية البحيرات فى المناطق الزراعية. الطريقة الأخرى لخفض مدخلات الغذاء هى بتحويل تدفقات مياه الصرف الصحى المعالج حول البحيرة فى كتلة مائية أخرى مثل المجرى المائى والذى يكون أقل حساسية لمواد الغذاء. المصدر الآخر للتلوث بمواد الغذاء فى البحيرات هو التسرب تحت السطح من نظم الصرف تحت السطح لمخلفات الصرف الصحى مثل خزانات التحليل (**SEPTIC TANRIS**). فقد ثبت من الدراسات التى قامت بها وكالة حماية البيئة (**E P A**) أن كل خزانات التحليل للصرف الصحى على مساحة حتى ٩٠ متر من البحيرة يمكن أن تساهم فى وصول الغذاء الطحلبى إلى البحيرة.

درجـة هـذا الـتلوث تعـتمد علـى عمـق المـياه الجوفـية والطـبقة الـصخرية، وكـذلك ميل ومكونات التربة المحلية.

يمكـن الحـد مـن المـضايقات والمـشاكل التـى يـسببها الـنمو الطحلبـى فـى البحيرات والخزانات مؤقتا بأحد الطرق الآتية:

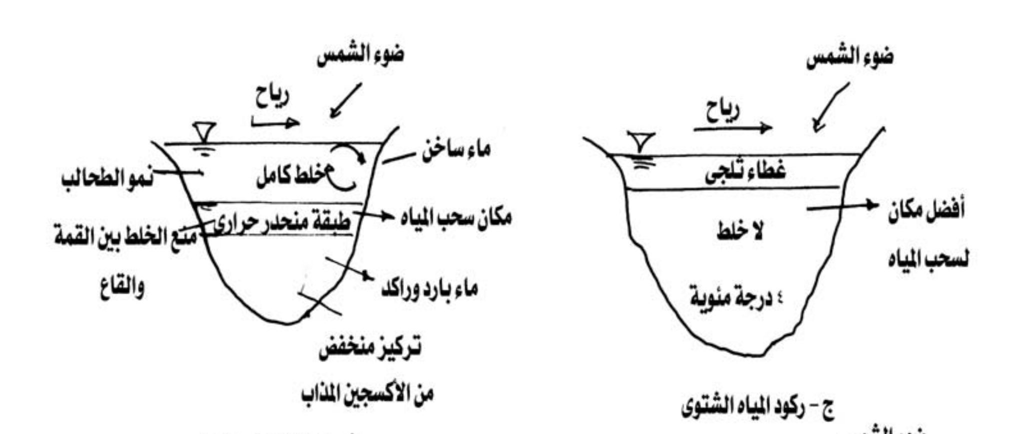
– استخدام كـبريتات النحاس لقتل الطحالب حيث تكون الجرعة مناسبة ومدققة بحذر لأنه يمكن أن تكون قاتلة للأسماك كذلك.

– بـديلا عـن الكـيماويات يمكـن اسـتخدام تجهيـزات قطع تحت الماء مركبة على قـوارب لقطـع النـباتات المائـية ذات الجـذور، وكـذلك يمكـن اسـتخدام الـشباك (**DREDGES**) لإزالة الترسيبات ولكن هذه الطرق ليست عملية فى حالة الكتل المائية الـضخمة ولـذلك تكون الوقاية وتجنب أسباب النمو الطحلبى خير من العلاج. ولذلك فإن خطـة وزارة الـزراعة التـى بـدئت فى بداية العقد التاسع من القرن الماضى لتنمية شواطئ بحـيرة ناصـر يجـب إعـادة النظـر فـيها أو تجنب مخاطر هذه التنمية على البيئة المائية للبحيرة كما أوصى بذلك بيوت الخبرة اليابانية.

الطبقات الحرارية: (**THERMAL STRATIFICATION**):

الـبحيرات والخـزانات تتأثـر بالـتغيرات الموسـمية لدرجـة الحـرارة . هـذه التأثيرات تـسبب وجـود طـبقات مـن الماء وكذلك خلط أو انقلاب بسبب اختلافات درجة الحرارة. كـلا مـن وجود الطبقات الحرارية والانقلاب الموسمى يمكن أن يكون لهما آثار كبيرة على تلوث ونوعية مياه البحيرة.

تحـدث دوره الطـبقات والانقـلاب مـرتين فـى العام، ولكن فى المناخ الدافئ حيث لا يحـدث تجمـد للمـياه فـإن الـدورة تحـدث مـرة واحـدة فى العام. تكون الطبقات بسبب اخـتلافات درجـة الحـرارة فـى مـياه البحيرة مرتبط إلى حد كبير بشهور الصيف الحارة. مياه البحيرة تصبح دافئة بفعل الهواء الدافئ والمياه الدافئة تكون طبقة عليا تسمى الطبقة الـبحيرية الـسطحية (**Epilimnion**). المـياه الأبـرد وبالتالى الأكثر كثافة تظل عند القاع فى طبقة من الماء رقيقة نسبيا مع الانخفاض السريع فى درجة الحرارة من القمة إلى القاع والتـى تـسمى طـبقة المـنحدر الحـرارى (**THERMOCLINE**) تفصل كلا من الطبقة الـبحيرية الـسطحية وطـبقة المـياه الـباردة الـسفلى فى القاع. طبقة المنحدر الحرارى هذه تعمـل كحاجـز طبيعـى الـذى يحد من خلط المياه ما بين الطبقات العليا والسفلى للبحيرة وهذا موضح فى الشكل (٢، أ).



ج – ركود المياه الشتوى

المياه الدافئة فى الطبقة السطحية تختلط بالرياح وتستقبل طاقة من الشمس بما يمكنها من نمو الطحالب. هذا الماء العكر نسبيا يعيق إختراق ضوء الشمس إلى أعماق كبيرة. طبقة المياه الباردة السفلى الراكدة تكون بارده ومظلمة نسبيا. لهذا فإن بعض أنواع الأسماك تفضل هذه البيئة الباردة المظلمة، ولكن المياه عند القاع قد تكون ذات نوعية غير جيدة وخاصة فى البحيرة متوسطة التغذية (**MESOTROPHIC**) تحلل الرواسب فى القاع يمكن أن يسبب خفض فى الأكسجين المذاب فى هذه المنطقة. أحيانا تحدث حالات لا هوائية عند قاع البحيرة. مع انخفاض درجة حرارة الهواء الجوى أثناء شهور الخريف فإن ماء الطبقة السطحية يبرد ويصبح أكثر كثافة ويبدأ فى الهبوط نحو قاع البحيرة. أحيانا تصبح البحيرة تامة الخلط وتختفى الطبقات الواضحة جيدا فى فصل الصيف. هذه الدورة والتى تسمى سقوط الانقلاب (**FALL OVERTURN**) موضحة فى الشكل (٢، ب).

فى شهور الشتاء الباردة، عندما تغطى الثلوج سطح البحيرة (وهذا غير وارد فى البلاد ذات المياه الدافئة) تحدث حالة من الركود الشتوى. ثم فى الربيع وعند ذوبان الجليد وعند ارتفاع درجة الحرارة أعلا من ٤م (التى عندها تزداد كثافة الماء)، فإنه يبدأ فى الهبوط نحو القاع. وبمساعدة الرياح فإن كل البحيرة تصبح تامة الخلط ثانيا، وهذا ما يسمى بانقلاب الربيع (SPRING OVERTURN). الركود الشتوى والانقلاب الربيعى موضح فى الشكل (٢ — جـ، د) وإذا كانت هذه الدراسة ذات أهمية للبحيرات العذبة التى هى مصدر لمياه الشرب وللثروة السمكية إالا أنه يمكن توضيح أن مياه بحيرة ناصر عند خروجها من البحيرة وتدفقها فى مجرى النهر تتحسن نوعيتها إلى حد كبير. ولكن آثار الملوثات تظل كامنة فى البحيرة. وقد بدأ هذا واضحا فى بحيرات الشمال والغرب حيث شاخت وهرمت وقاربت على أن تصبح سبخات وليست بحيرات وهذا يتطلب تقييم الأثر السلبى على كل البحيرات العذبة والمالحة مع وضع الضوابط اللازمة للمحافظة على نوعية المياه ومن ثم حماية البيئة والصحة العامة.

نوعية المياه فى البحيرات العذبة :

البحيرات والخزانات المستخدمة فى إمدادات المياه، يكون الركود والانقلاب له تأثير على نوعية المياه، أثناء السقوط للانقلاب كمثال، تصبح المياه ذات النوعية المتدنية فى القاع (والتى تسمى طبقة القاع الباردة) تامة الخلط خلال كل حجم البحيرة. وهذا عادة يزيد من مشكلة المذاق والرائحة فى المياه المعالجة بالطرق التقليدية إلا فى حالة عمل خطوات إضافية فى عملية المعالجة (مثل استخدام حبيبات الكربون المنشط فى المرشحات). إنشاءات مآخذ المياه يمكن بنائها فى البحيرة بحيث تكون بوابات الدخول والمحابس عند أعماق متعددة. هذا يوفر المرونة فى التشغيل وكذلك إمكانية الحصول على المياه ذات النوعية الجيدة وضخها إلى وحدة المعالجة. أثناء فصل الشتاء تكون أفضل نوعية للمياه عند سحبها أسفل سطح الماء مباشرة (أو أسفل الغطاء الثلجى فى حالة وجوده فى الدول ذات المناخ البارد). فى الصيف تكون المياه السطحية ومياه القاع ذات نوعية متدنية. فى هذا الوقت من العام، أفضل نوعية للمياه يتم سحبها من عمق أسفل طبقة المنحدر الحرارى مباشرة.

تمت محاولات لعديد من الطرق لخفض التأثيرات الضارة لتأثيرات الطبقات الحرارية. عند انخفاض المحتوى من الأكسجين المذاب وزيادة النشاط اللاهوائى فى طبقة المياه الباردة السفلى فى البحيرة، فإنه أحيانا يتم نثر الهواء المضغوط خلال مواسير

مثقبة موضوعة عند قاع البحيرة لرفع مستوى الأكسجين المذاب فى الماء. وأحيانا يكون الخلط الميكانيكى والخلط للطبقات يكون مؤثراً لتحسين نوعية المياه. أحد الطرق هى يضخ مياه القاع الباردة نحو السطح. المياه الباردة تعمل على خفض مشاكل الطحالب وبذا تقل مشاكل المذاق والرائحة.

٦ - تلوث المياه الجوفية:

تبلغ استخدامات المياه الجوفية أكثر من ٢٥٪ من المياه العذبة فى كل الأغراض فى كثير من دول العالم، بينما تصل هذه النسبة إلى حوالى ١٠٪ فى مصر والتى تشمل استخدامات مياه الشرب والاستخدام المنزلى والرى والاستخدام فى الصناعة. ولكن المياه الجوفية أصبحت لسنين طويلة أحد أهم مصادر المياه الطبيعية المهملة فى كثير من دول العالم.

المياه الجوفية نظرا لكونها تحت سطح الأرض وغير منظورة مثل الموارد الطبيعية السطحية الأخرى، فإنه قل استخدامها والمحافظة على صلاحيتها . المياه الجوفية هى عادة ذات نوعية ممتازة، هذا أساسا يسبب الترشيح الطبيعى الذى يحدث فى طبقات التربة التى يتحرك الماء خلالها ببطئ. المسافة التى يمكن ان يقطعها الملوث فى التربة تعتمد على كل من نوع التربة ونوع الملوث. فمثلا، الترسيبات من الرمال الناعمة يمكن أن تزيل المواد الصلبة العالقة والبكتريا من الماء فى مسافة قصيرة، بينما الزلط أو تشققات الصخور يمكن ان تسمح لتلك الملوثات بأن تتسرب إلى مسافات كبيرة. الملوثات المذابة لا تتأثر مطلقا بفعل عملية الترشيح للتربة، رغم احتمال حدوث عمليات أخرى مثل الإدمصاص.

زاد أخيرا عدد اكتشافات تلوث المياه الجوفية فى كثير من الأماكن هذه الملوثات تجئ من مصادر كثيرة ومتعددة بما فيها مواد متعددة أكثرها تأثيرا هى الهيدروكربونات المكلورة. كثيرا من هذه المواد العضوية سام وبعضها يمكن أن يكون مسرطنا، أو مسببا للطفر الوراثى فى الجينات (**MUTAGENS**)، وهذا يشكل مخاطر حادة على الصحة العامة عند تركيزات منخفضة حتى ١٠ جزء فى المليار. كذلك فإن خطورة هذه الملوثات تكمن فى أنها لا تسبب مذاق أو رائحة لمياه الشرب عند التركيزات المنخفضة. الماء يبدو بللوريا رائقا ولكنه بعيد كل البعد عن نقائه الأصلى. فى بعض الحالات، وجد أن تركيزات المواد العضوية المخلقة من الهيدروكربونات المخلقة فى المياه الجوفية الملوثة أضعاف المستوى الموجود من هذه المركبات التى وجدت فى الأنهار شديدة التلوث. كما

أن هـناك بعـض المـواد العـضوية الـناتجة عـن الـتحلل اللاهوائـى للخلايـا النباتـية مثل أحمـاض الهبومـيك والفوليـتك (HUMIC OVUVIC) وهـذه تظهـر طافية على سطح المـياه بعـد ضـخها وتـبدو كأنهـا مـرآة عاكـسة للـضوء. وخطـورة هذه الأحماض فى أنها تـتفاعل مع كيماويات الكلور المستخدمة فى التطهير عند الضخ فى الشبكة للتوزيع مكونا مركب (T H M'S) المسرطن. إن عدم تلوث المياه الجوفية من الهيدروكربونات المكلورة يـتم بمـراعاة عـدم الصرف العشوائى لهذه الملوثات والمعالجة الكيمائية للتخلص منها قبل صـرفها ولكـن الأحمـاض العـضوية المتطايـرة (VOC'S) يمكـن التخلص منها بالمعالجة بالمـروبات جنبا إلى جنب مع المياه من المصادر السطحية العذبة. كثيرا من المواد العضوية يـتحلل لا هوائـيا لعـدم وجود الأكسجين فى الخزان الجوفى حيث تتحول إلى مواد ثابتة وغـازات مـن بـين هـذه الغـازات، غـاز ثانـى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء مكونا حـامض الكـربونيتك. وهذا الحامض فى التربة الجيرية يذيب أملاح الكالسيوم والمغنسيوم مـسببا العـسر للمياه وفى التربة الطفلية يذيب أملاح الحديد والمنجنيز ويحولها إلى أملاح مذابـة ومختـزلة ولا لـون لها حيث عند التصاق المياه بالهواء الجوى تتأكسد هذه الأملاح وتـتحول إلى الـشكل اطوبـى الغـير مـذاب، وكـذلك فـى الظـروف اللاهوائـية تمـوت كل الكائنات الجرثومية وتتحلل لا هوائيا.

المـياه الجوفـية تتحـرك ببطـئ بمعـدل حـوالى أقـل من ٣٠ متر فى العام، ولذلك فإن الخـزان الجوفـى المـستخدم لإمـدادات مياه الشرب قد يظل ملوثا بالمواد العضوية المكلورة والغـير قابلـة للـتحلل اللاهوائـى لـسنين عديـدة. لـذلك فإنـه يلـزم الكـشف عـن التلوث الكيمائـى والبيولوجى للمياه قبل استخدامها كمصدر لمياه الشرب والاستخدام المنزلى، فقد يكـون مـن الـضرورى تـرك الآبار الملوثة وحفر آبار جديدة على مسافات بعيدة أو البحث عـن مـصادر سـطحية بديلـة. وفـى بعـض الحالات يكون الأفضل من الناحية الاقتصادية إقامـة وحـدات معالجـة خاصـة مثل أبراج التهوية أو مرشحات الكربون المنشط أو الخلط مع مياه المعالجة بالمرويات، وإن كان هذا يضيف عبئ مادى على عملية معالجة المياه.

مصادر التلوث:

حتى فى المناطق البعيدة عن الأنشطة الإنسانية فإن المياه الجوفية قد لا تكون نقية رغم خلوها من العكارة بسب الترشيح الطبيعى إلا أنها تحتوى على مواد معدنية مذابة. وهذا متوقع نظرا لالتصاق الماء مع مواد التربة الحاملة للمياه الجوفية لمدة زمنية طويلة فى وجود الغازات الحامضية نتيجة التحلل اللاهوائى للمواد العضوية. المياه الجوفية عادة يكون مستوى العسر فيها أعلا من المياه السطحية، وكذلك توجد أملاح الحديد والمنجنيز فى بعض الخزانات الجوفية، ولكن فى معظم الحالات لا تشكل الملوثات الطبيعية هذه خطورة عى الصحة العامة وإن كانت تؤثر على قابلية المياه واستساغتها.

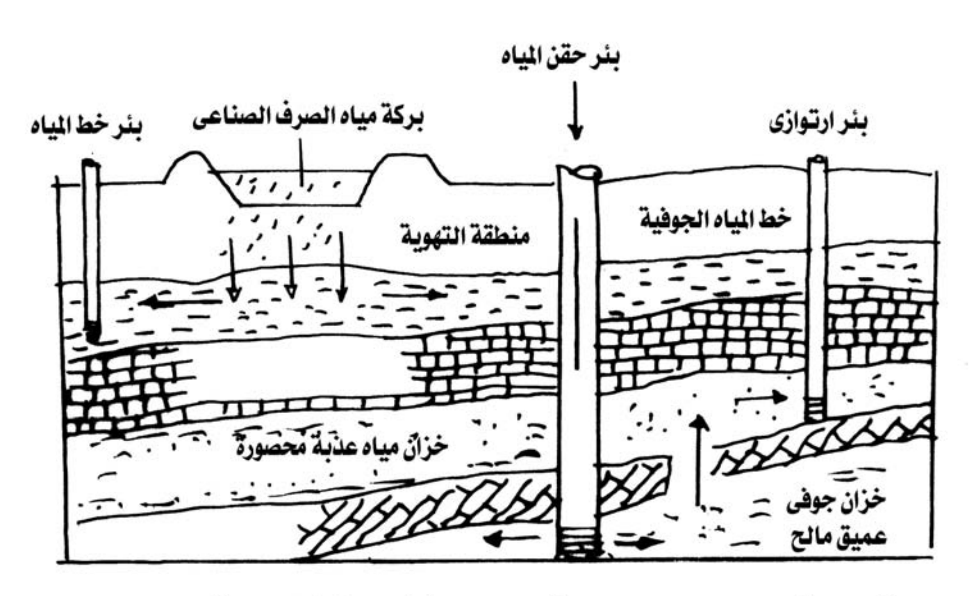
المشكلة الرئيسية المسببة لمخاطر تلوث المياه الجوفية هى الصرف العشوائى للمخلفات والمواد الخطرة وخاصة تلك التى من الأنشطة الصناعية. كما أن المنتجات البترولية قد تتسرب من خزانات الحفظ القديمة تحت سطح الأرض بما يسبب تلوث للمياه الجوفية.

المخلفات الصناعية:

صرف المخلفات الصناعية الكيماوية فى أحواض سطحية مثل حفر الروم الغير مبطنة أو فى البحيرات الضحلة يمثل مصدر كبير لتلوث المياه الجوفية. جزء كبير من المخلفات الصناعية يكون من بين المخلفات الخطرة. التخلص من هذه المخلفات السائلة أو الصلبة فى الأرض يتم بذلك الأسلوب لأنه الطريقة الوحيدة الغير مكلفة للتخلص من هذه المواد الغير مطلوبة ولكن رغم أن هذه الطريقة تبدو وأنها البديل الاقتصادى لمعالجة تلك المخلفات وتثبيط آثارها، إلا أنها على المدى الطويل تكون مكلفة جدا للمجتمع ككل بالنسبة للمخاطر الصحية وتكاليف أنشطة نظافة هذه المخلفات.

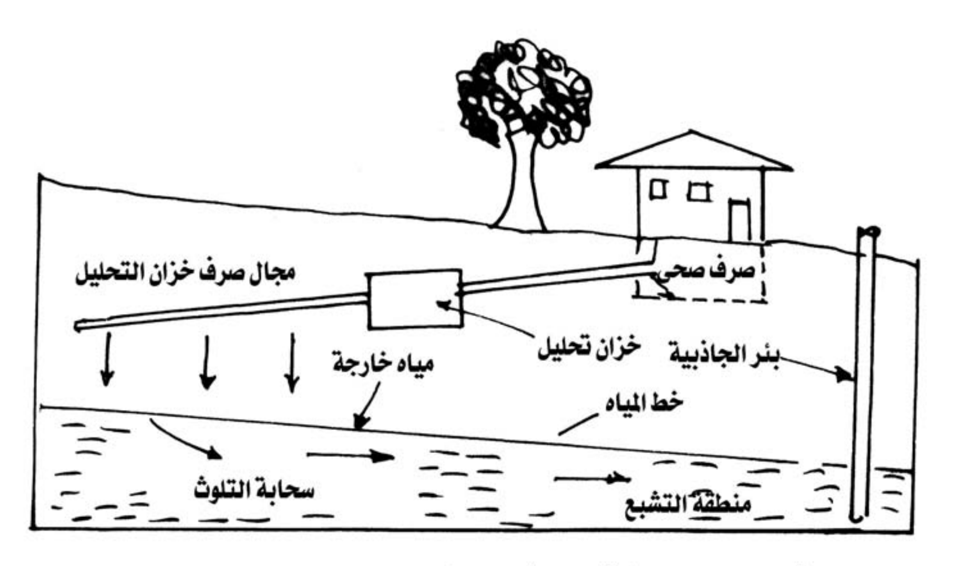
كثيرا من الأحواض السطحية للتخلص من المخلفات الصناعية ليس لها بطانة عزل عند القاع وهذا يخالف معايير التخلص الآمن من المخلفات. فالسوائل الملوثة يمكن أن تتسرب من هذه الأحواض السطحية أو البرك خلال التربة حتى الوصول إلى خزان المياه الجوفية. وهذا موضح فى الشكل (٣) (السائل من منطقة الروم للمخلفات الصلبة يسمى الغسول **LEACHATA**) . الكيماويات العضوية مثل (**POLY CHLORINATED BIPHENOL**) والبنزين (**C6 H6**) وجدت فى المياه الجوفية فى كثير من مواقع التخلص السطحى من المخلفات الصناعية. أحد المواد التى وجدت كثيرا هى التراى كلورو إيثيلين وهى من الهيدروكربونات المكلورة والتى

تـستخدم كمـذيب ولإزالـة الـشحوم. كـذلك وجـدت المعـادن الثقـيلة مـثل الـسيلينيوم، الزرنيخ، أملاح السيانيد.



شكل ٣ مخطط يبين مصدرين لتلوث المياه الجوفية من مخلفات الصرف الصناعى من التسرب السطحى لبرك الصرف الصناعى أو من الحقن الجوفى العميق لمياه الصرف الأسهم تبين اتجاه تدفق الملوثات ، تبطين قاع بركة الصرف والدراسة الجيولوجية المتقنة للخزان الجوفى المالح يمكن أن يساعد فى منع التلوث

– أحـيانا يـتم ضـخ المخلفـات الـصناعية السائلة خلال آبار عميقة، فى عملية تسمى حقـن البئـر العمـيق (**DEEPWELL INJECTION**). وإن كانت هذه الطريقة يمكن أن تكـون مقـبولة أحـيانا وذلـك عـندما تكـون الظـروف الجيولوجـية مناسبة، ولأن المياه الجوفـية عـند أعمـاق أكـبر مـن ٣٠٠ مـتر عادة تكون مالحة وغير مناسبة للاستخدامات الأخرى. إلا انه مع الحقن الجوفى العميق يحتمل حدوث تلوث عرضى لخزانات جوفية هامـة لإمـدادات المـياه، وهـذا موضـح فى الشكل (٤). لهذا السبب فإن الحقن الجوفى العميق يلزم تقييده تماما.



شكل ٤ المياه الجوفية يمكن أن تتلوث من نظم التخلص من مياه الصرف الصحى، الآبار المقامة تحت التيار لمجالات امتصاص مخلفات التحليل تكون معرضة للتلوث

نظم الصرف تحت السطح للصرف الصحى:

نسبة كبيرة من سكان الريف وقليلة من سكان المدن يتم صرف مخلفاتهم الصحية تحت السطح. النظام المتبع فى الاستخدام هو خزان التحليل حيث يتم صرف السائل خلال التربة. وقد يستخدم أحيانا خزان تحليل لتخزين المواد الصلبة بينما يتدفق السائل من خزان التحليل خلال شبكة من المواسير المثقبة المدفونة والتى تعمل على نشر السائل خلال مساحة كبيرة من التربة لكى يتسرب ببطئ خلال التربة ويتحلل طبيعياً. أحيانا يكون صرف خزانات التحليل من مصادر تلوث الآبار بالبكتريا على أعماق تزيد عن ٥٠ متر من منسوب خط المياه تتحلل المواد العضوية والبكتريا والفيروسات لاهوائيا. ولكن عند استخدام سوائل نظافة خزان التحليل المستخدمة أحيانا والتى تحتوى على مذيبات عضوية مثل التراى كلورو ايثيلين. فإن هذه المواد المسرطنة يمكن أن تلوث المياه الجوفية التى يستخدم فيها نظام التحليل هذا. كما انه توجد ملوثات أخرى من خزانات التحليل يمكن أن تصل إلى المياه الجوفية مثل المنظفات الصناعية، النترات، الكلوريدات. التلوث من نظم التحليل موضح فى الشكل (٤).

حفر الروم للتخلص من المخلفات المنزلية : (MUNICIPAL LAND FILLS) :

الروم فى التربة هو أحد الطرق العادية للتخلص من المخلفات المنزلية. وهذه تعرف بحفر القمامة حيث يتم وضع المخلفات فوق سطح الأرض فى المناطق المنخفضة من التربة حيث منسوب المياه الجوفية البعيد، وحيث تتوفر أماكن الحفر التى استغلت كمحاجر للزلط والرمل فى أعمال البناء. ولكن تسرب المياه سواء كانت موجودة مع المخلفات أو بفعل سقوط المطار خلال هذه المخلفات والتى تكون ذات محتوى عالى من الملوثات العضوية وأملاح الكلوريدات والنترات والمعادن الثقيلة يمكنها بسهولة الوصول إلى الخزانات الجوفية أسفلها واختلاطها بالمياه الجوفية. الطريقة الآمنة للتخلص من القمامة وحماية المياه الجوفية هو اختيار حفر الروم طبقا لحالة الجيولوجية واستخدام مواد التبطين والتغطية لقاع حفره الروم. وكذلك يمكن تعبئة المواد الخطرة فى براميل من البلاستيك مع إضافة الأسمنت والطفلة لتكون كتلة جامدة كما يمكن استخدام الجير الحى (CaO) الأسمنت للسوائل الغير قابلة للاشتعال. ثم يتم دفن هذه البراميل فى منطقة محاطة بسياج من الأسلاك وحراستها.

مناجم إستغلال الخامات الطبيعية وكذلك عمليات إنتاج البترول :

كثيرا من مناجم استغلال الثروات المعدنية والفحم تسبب تهديداً لنوعية المياه الجوفية. المياه السطحية التى تتدفق قريبا من موقع الاستغلال يمكن أن تلتقط الأملاح المذابة والمواد الصلبة الأخرى والمواد المشعة. مع تسرب المياه فى التربة إما من الحفر المكشوفة أو فى الأنفاق تحت الأرض فإن المياه يمكنها بسهولة أن تحمل هذه الملوثات إلى الخزانات الجوفية أسفلها. مياه الغسيل للملوثات من أماكن تجميع هذه الخامات والنفايات يمكن أن يكون كذلك مصدرا لتلوث المياه الجوفية.

كثيرا ما يحدث تلوث للمياه الجوفية من أنشطة عمليات إنتاج البترول، السبب الأساسى فى هذا هو استخدام حفر المياه المالحة للتخلص من نواتج الحفر المالحة. المنتجات البترولية مثل الجازولين وزيت المحرك هى من مسببات تلوث المياه الجوفية. حاليا تم تطوير خزانات حفظ المواد البترولية لتكون من الصوف الزجاجى المقاوم للتآكل لإبعاد حالات التسرب هذه.

الانسكابات الطارئة على السطح هى كذلك من مصادر التلوث بالزيت والجازولين للمياه الجوفية. حتى فى حالة التركيزات المنخفضة جدا فإن هذه المواد تسبب مذاق

ورائحـة يسهل ملاحظته فى مياه الشرب التى يتم الحصول عليها من الخزانات الجوفية الملـوثة بهـذه امـواد. هـذا بالإضـافة إلى أن الجـازولين (الاسـم العادى للبنزين المستخدم كوقـود للـسيارات) يحـتوى علـى مـادة (**ETHYLENE BROMIDE**) وبنـزين (C_6H_6)، وهذه المواد يحتمل أن تكون مسرطنة.

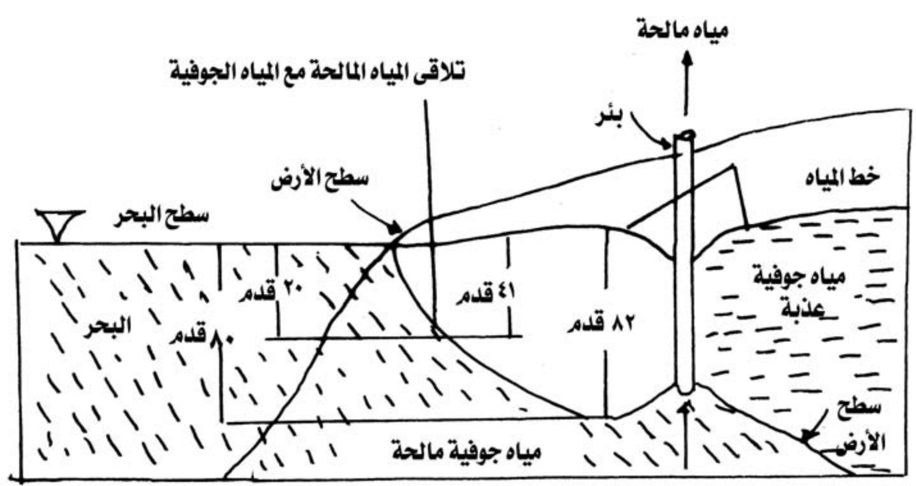
الزراعة:

أكـبر ملـوث للمـياه الجوفـية مـن الأنـشطة الـزراعية هى الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية. ومن بين الأسمدة النترات والفوسفات والمبيدات التى تحتوى على عناصر سامة مثل الزرنيخ أو المواد العضوية المكلورة، وكل هذه المواد لها علاقة بالآثار الصحية الضارة.

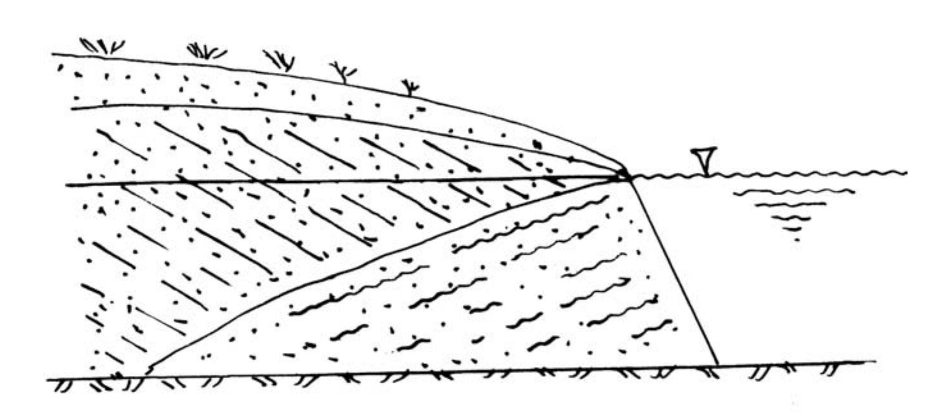
دخول مياه البحر المالحة: (SEA WATER INRUSION):

دخـول مـياه البحر المالحة فى مياه الآبار هو من أسباب تلوث المياه الجوفية فى كثير مـن المـدن الـساحلية. بـسبب زيـادة الكـثافة الـسكانية وارتفاع مستوى المعيشة والأنشطة الـصناعية وزيـادة اسـتخدام المياه الجوفية فى المناطق الساحلية، وكذلك بسبب انخفاض الـشحن الطبيعـى لـتغذية الخزان الجوفى لوجود الإنشاءات والطرق. لذلك فإن خط المياه الجوفية آخذ فى الانخفاض.

فـى المـناطق الـسحلية يـوجد تداخل أو حد بين المياه الجوفية العذبة التى تتدفق من المـساحات الـسطحية والمـياه المالحة من البحر. نظرا لأن مياه البحر أكثر كثافة عن المياه العذبـة بنسبة ٢,٥٪ فإن الضغط الرأسى (الارتفاع) لمياه البحر الذى قدره ٤٠ مقدم يكون مكافـئاً لـضغط رأسـى للمياه العذبة (ارتفاع) قدره ٤١ قدم حيث (١/٤٠ = ٠,٠٢٥ = ٢,٥٪). لذلك فإن الشحن الجوفى بالمياه العذبة يمكن أن يكون مؤثرا فى الحد من دخول المـياه المالحـة. الـشكل (٥ ، ٦) يوضـح منـسوب الـسحب للمـياه العذبـة من الخزانات الجوفية الساحلية وهو ٤٠ ضعف المسافة بين خط المياه العذبة ومنسوب سطح البحر.



شكل ٥ تسرب المياه المالحة إلى مناطق آبار المياه الساحلية مصدر كبير لتلوث المياه الجوفية



شكل ٦ منسوب السحب من المياه العذبة من الخزانات الجوفية الساحلية هو ٤٠ ضعف المسافة الرأسية بين خط المياه العذبة ومنسوب سطح البحر

٧ - تلوث البحار:

مـياه البحـر هـى مـياه مالحـة طبيعيا، وهى تحتوى على حوالى من ٢,٥ إلى ٤٪ مواد صـلبة مذابـة (مـن ٢٥٠٠٠ ملجـرام/لتر إلى حوالى ٤٥٠٠٠ ملجرام/لتر). وهذه النسبة من الملـوحة أعلا بكثير عن تركيز المواد الصلبة التى تحملها مخلفات الصرف الصحى، ولكن مـياه البحـر لا تعتـبر ملـوثة وذلك يسب ملوحتها الطبيعية. المواد الصلبة المذابة فى مياه البحـر هـى الأمـلاح المعدنية وأغلبها هو كلوريد الصوديوم. الملوحة تجعل مياه البحر غير مناسبة لكثير من الاستخدامات والتى تتطلب معالجتها بطرق الاعذاب لإزالة الملوحة.

لـذلك فـإن مياه البحر بسبب قدرتها الكبيرة على التخفيف التى يمكن أن توفرها فإن هـناك مـيل طبيعـى باعتـبار أن البحر هو المستقبل المناسب لكل أنواع المخلفات. وغالبا، فـإن كـل صـرف المخلفـات الصحية المعالجة فى المجارى السطحية وكذلك مياه الصرف الزراعى تجد طريقها نحو البحر.

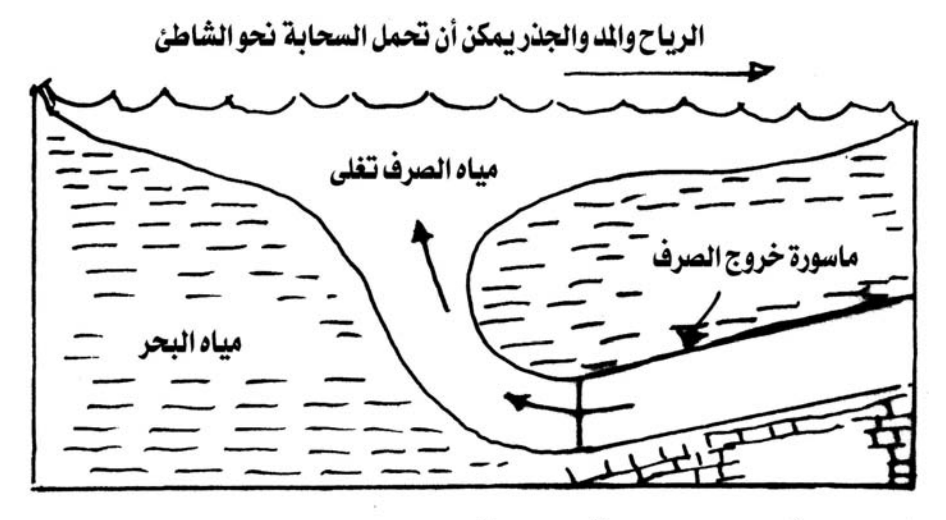
ورغـم الحجـم الكـبير للبيـئة البحـرية، فـإن الطاقـة الطبيعية للخلجان والبحار نحو معالجـة المخلفـات تكـون محـدودة. ومـن بـين سـلبيات تلوث البحار هو تدمير الكائنات البحـرية ومـن بيـنها الطحالـب التـى تنـتج الأكسجين فى عملية التمثيل الضوئى وتكون غـذاء للكائـنات الأخـرى. وفى بعض الحالات يتم كسح المواد المسببة لعتامة المياه والمواد الخطـرة نحـو الـشاطئ ، وهـذا وارد فى دول شمال حوض البحر الأبيض المتوسط والذى يعتبر حوض مغلق (**CLOSED BASIN**).

مـصبات الأنهـار هـى مـنطقة انـتقال طبيعـية بـين مـياه الأنهـار العذبـة ومياه البحار المالحـة. وهـى كـتل مائية شبه محصورة شاملة الخلجان وفتحة المصب للنهر والسبخات المالحـة. نظـر لقـربها مـن الأرض فإنهـا تكون أول المساحات البحرية لاستقبال المخلفات التـى تحملها تدفقات النهر.. الخلجان تعتبر أهم البيئات ذات المسببات البيولوجية ولها أهمـية خاصـة لكـل مـن الكائـنات الأرضـية والبحـرية. فالـتلوث لـيس هو التهديد لهذه البيـئة، حـيث أن أسـوء اسـتخدام الأراضـى الـذى يـسمح باسـتغلال المساحات الأرضية الـرطبة بالأنـشطة الـسكانية والـتجارية له دور. تلاحظ أن البحر المفتوح يعتمد كليه على الخلجـان وللغـذاء والـذى يـنقل بالتـيارات المائـية إلى المياه العميقة للمساعدة فى استمرار العمليات الحياتية.

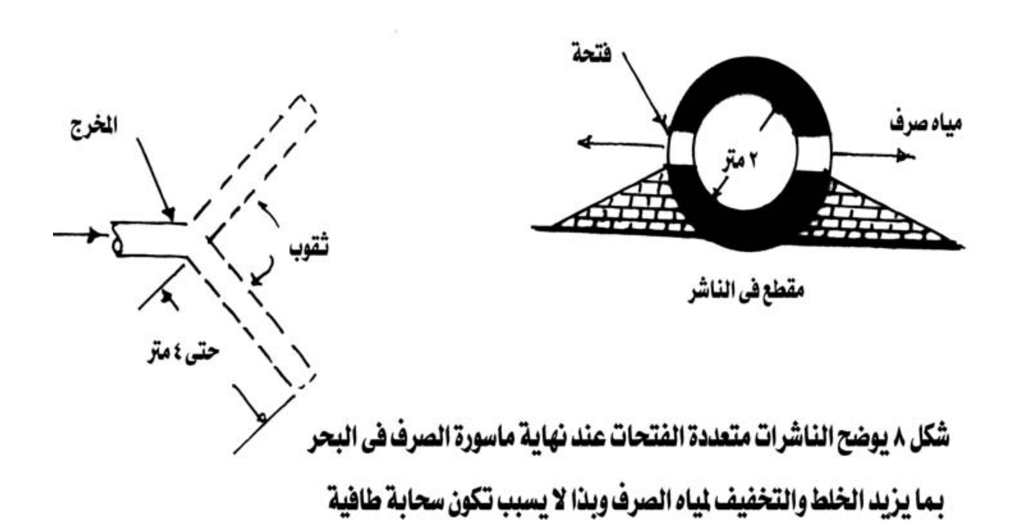
تسرب مياه الصرف الصحى فى مياه البحر:

كثيرا من المدن الساحلية تقوم يصرف مياه الصرف الصحى المعالج فى البحر. المواسير التى تحمل مياه الصرف المعالج تسمى (**OUT FALLS**)، وهذه عادة تكون مواسير ذات حجم ضخم والتى يمكن أن تمتد إلى مسافات بعيدة عن الشاطئ والتى تصل حتى ١٢ كيلو متر أو أكثر. وعند خروج مياه الصرف الصحى من مخرج الماسورة فإنها تكون عامود مرتفع نظرا لأنها أكثر دفئا وأقل كثافة عن مياه البحر. وهذا موضح فى الشكل(٧) وعند الوصول إلى السطح فإن عامود الصرف الصحى يكون فقاعة كبيرة أو غليان والتى تتحرك فى اتجاه التيارات السطحية. مع حمل التيارات لهذه الفقاعة من المخلفات الصحية فإنه تتكون سحابة من مياه الصرف المخففة تشبه سحابة الدخان المنبعثة من المدخنة. ولكن لسوء الحظ فإن هذه السحابة تحمل أحيانا نحو الشاطئ بما يرفع من عدد بكتريا الكوليفورم قرب مناطق الاستحمام والترفيه. أحيانا يجب منع استخدام الشواطئ فى السباحة بسبب زيادة أعداد بكتريا الكوليفورم.

تأثيرات صرف مخلفات الصرف الصحى فى البحر تتوقف على كيفية الانتشار والتشتت الجيد للمخلفات فى البحر عند خروجها من الماسورة يسهل عملية التنقية الطبيعية ويقلل من تركيزات البكتريا بما يقلل من التلوث عند المساحات الشاطئية. معظم مخارج مواسير الصرف تنشأ بناشرات متعددة (**MULTIPORT DIFFUSERS**) عند نهاية الصرف لتعظيم كمية التشتت والانتشار. هذه الناشرات توزع السوائل على مساحة كبيرة نسبيا من قاع البحر خلال العديد من الفتحات المستديرة. وهذا يوفر درجة كبيرة جدا من الخلط والتخفيف مقارنة بحالة عدم وجود هذه الناشرات عند نهاية ماسورة الصرف. الناشرات تمنع تكون غليان سوائل الصرف كما توفر حماية أكبر للشاطئ. يتوقف نجاح الناشرات فى تنفيذ هذا الغرض على حسابات التصميم الهيدروليكى المدقق. نموذج لناشر مخرج ماسورة الصرف فى البحر موضح فى الشكل (٨) موضحا عليه الأبعاد لمعرفة حجم هذه الإنشاءات.



شكل ٧ مياه الصرف الخارجة من ماسورة الخروج تكون عامود مرتفع فى مياه البحر بسبب انخفاض كثافتها يصل العامود إلى السطح فى حالة تشبه الغليان



شكل ٨ يوضح الناشرات متعددة الفتحات عند نهاية ماسورة الصرف فى البحر بما يزيد الخلط والتخفيف لمياه الصرف وبذا لا يسبب تكون سحابة طافية من مياه الصرف

إنسكابات الزيت: (DIL SPILLS):

الانسكابات الغير متعمدة للزيت يمكن ان تسبب تلوث شديد لمياه البحر. يمكن دخول الزيت إلى مياه البحر أساسا من انسكابات السفن ناقلات البترول أو من التدفقات الخارجة من الآبار البحرية. انسكابات الزيت يمكن أن تسبب موت الطيور التى تعيش على سطح الماء وتغطس لتحصل على غذائها. ملوثات الزيت عادة تدفع نحو الأرض بفعل حركة الرياح والمد والجزر. تلوث الزيت على الشاطئ ضار لكل أشكال الأحياء المائية ويعيق الاستخدامات الترويحية والسباحة للمساحات الشاطئية.فى بعض الحالات أمكن استخدام حواجز طبيعية للحد من انتشار طبقة الزيت، وكذلك الوسائل الميكانيكية لجمع الزيت المسكوب مع درجات مختلفة من التأثير. المنظفات الصناعية يمكن استخدامها لتكسير طبقة الزيت ولكن هذه المنظفات الصناعية يمكن أن تكون سامة للأحياء البحرية.

أفضل طريقة للحد من انسكابات الزيت هى بالمنع من المنبع، حيث يلزم توفير التصميمات المدققة لناقلات الزيت لخفض الانسكابات. وبالمثل الإجراءات الحازمة لتأمين والكشف ورصد عمليات الحفر داخل البحر بما يمكن من حماية البيئة البحرية.

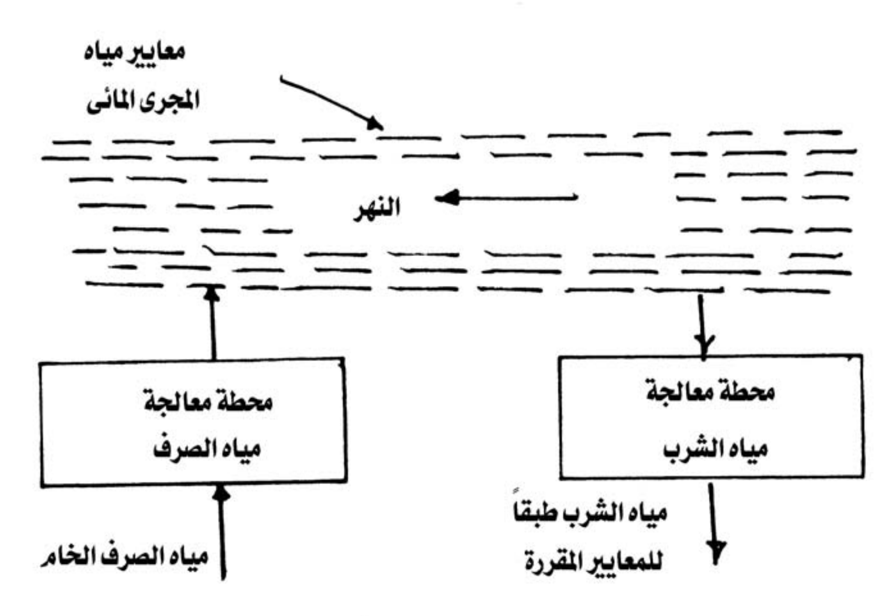
٨ - معايير نوعية المياه:

فى المناطق السكنية والصناعية يكون من الضرورى تفعيل القوانين الملزمة لحماية نوعية المياه، وبدون ذلك فإن نوعية المياه والصحة العامة سوف تكون فى خطر دائم.

المعايير القياسية لنوعية المياه هى حدود الملوثات المسموح بها فى الماء لاستخدامات معينة سواء كانت هذه الملوثات طبيعية أو كيماوية أو بيولوجية.

توجد ثلاثة انواع من المعايير القياسية لنوعية المياه وهى:

- معايير المجارى المائية العذبة.
- معايير مياه الصرف.
- معايير مياه الشرب.



شكل ٩ معايير نوعية المياه الثلاث

٩ - وعند مناقشته معايير المجرى المائى فإنه توجد أربع تقسيمات النوعية المياه وهى كالآتى:

المعايير القياسية للمجرى المائى:

التقسيم	الوصف
A	مياه مناسبة للالتصاق بالجسم عند الاستحمام (السباحة.. الخ).
B	المياه المناسبة لاستمرار برنامج صيد الأسماك والكائنات المائية وذات الدرجة الثانية من الالتصاق للاستحمام.
C	المياه المناسبة لإمدادات المياه المنزلية. بعد المعالجة والتنقية.
D	المياه المناسبة لاستخدامات الزراعية ومياه التبريد.

المعيار الحقيقى لنوعية المياه ولمختلف الاستخدامات تشمل الحدود المسموح بها للأكسجين المذاب، بكتريا الكولفيورم، العكارة، الرقم الهيدروجينى، المخلفات السامة. فنرى أن أدنى أكسجين مذاب قدره ملجرام/ لتر يناسب استمرار حياه الأسماك (**B**)،

لكـن أدنـى أكـسجين مـذاب قـدره ٣ ملجـرام التى قد يكون مناسبا للتقسيم (**D**) حيث الاسـتخدامات الزراعية ومياه التبريد. ولكن المجارى المائية التى تكون مجال جيد لبعض أنواع الأسماك (مثل سمك السلمون) يلزمها أكسجين مذاب لا يقل عن ٨ ملجرام/ لتر.

معـايير الكولـيفورم للتقسيم (**A**) يمكن أن تكون ٢٠٠ كوليفورم غائطى فى ١٠٠ سم٣. فـى حالـة المـياه السطحية المستخدمة لإمدادات المياه يمكن أن يكون مستوى الكولويفورم الغائطـى حتـى ٢٠٠٠ فـى ١٠٠ سـم^{٣} ، أي عشرة أضعاف المستوى فى مياه الاستحمام. يجـب ملاحظـة أن هـذه المعايير هى للمياه العكرة الغير معالجة وأن المياه السطحية يلزم معالجتها، حيث أن محطات معالجة المياه يمكنها خفض المحتوى من بكتريا الكوليفورم إلى أقـل مـن واحـد كولـيفورم فـى ١٠٠سم^{٣} من المياه، حتى لو كانت المياه تحتوى أصلا علـى ٢٠٠٠ فـى كـل ١٠٠سـم^{٣}. ومـع اعتبار أن السباحين لا يقوموا بشرب الماء فى هذه المـصادر عندئذ يكون احتمال انتقال المرض غير وارد حتى عند مستوى ٢٠٠ كوليفورم فى ١٠٠سم^{٣}.

مـن الطبيعـى فـى حالـة المـياه المقـرر استخدامها للشرب والاستخدامات المنزلية فإنه يكـون مـن المفـضل أن يكون محتوى المصدر من الكوليفورم أقل ما يمكن وذلك لعدم زيادة الحمل على عمليات المعالجة.

إن مـا يهـدد نوعـية الحـياة هـو مخلفـات الـصرف الـصحى والصرف الصناعى ومياه الـصرف الزراعـى المحملـة بالأسمـدة الكيماوية والمبيدات وما تحمله مياه الصرف والرياح من أتربة ومواد التربة الطينية.

١٠– المعـايير والمواصـفات الـواجب توافـرها فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى والتى أقـرتها اللجـنة العلـيا للمـياه فـى ٢٦/ ٢/ ١٩٩٥ حيث أصدرت وزارة الصحة القرار رقم ١٠٨ لسنة ١٩٩٥ استرشادا بالقيم الدليلية لمنظمة الصحة العالمية.

١١– اللائحـة التنفـيذية لقانـون البيـئة رقـم ٤/ ١٩٩٤ فـى شـأن المعايير والمواصفات لبعض المواد عند تصريفها فى المسطحات المائية.

٦ – أثر الملوثات فى مياه الرى على خصائص التربة وعلى المحاصيل الزراعية :

١– بالنـسبة لتأثير الملوثات على خصائص التربة، فنرى أن الصوديوم هو (الكاتأيون) الوحـيد الـذى يؤثـر علـى التربة وهو موجود فى المياه المالحة فى شكل كلوريد الصوديوم (ملـح الطعام). فعند وجودة فى التربة فإنه يسبب تغيرات كيمائية – طبيعية فى التربة،

وذلك بالنسبة لتماسك التربة حيث يزيد من تشتت التربة وتحويلها إلى الحالة الهلامية أو الغروية وخاصة التربة الطفلية، وهذا ينتج عنه انخفاض فى معدل الترشيح والتسرب للتربة للمياه (أي الصرف)، كما يمنع وصول الهواء إلى التربة ويفقدها مساميتها تماما. وعند جفاف هذه التربة تتشكل طبقة قشرية صلبة يصعب حرثها. مياه الرى المحتوية على تركيزات عالية من أيون الصوديوم يمكن أن تكون مصدرا لزيادة الصوديوم فى محلول التربة وبذا يتم تقييمه لتجنب مخاطره. ويمكن معالجة آثاره على التربة طبقا لمعايير معينة باستخدام أيونات الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة فى الجبس الزراعى.

مياه الرى المحتوية على أيونات معينة بتركيز أعلى من حد معين يمكن أن تسبب مشاكل السمية للنبات والتى يترتب عليها ضعف نمو النبات وضعف إنتاجية المحصول وتغير فى شكل النبات وحتى موته. أكثر الأيونات سمية للنبات هى التى تكون موجودة فى مياه الصرف الصحى الخام أو المعالج فى تركيزات مسببة للسمية وهى البورون، الكلور، الصوديوم. ولذلك فإن تركيز هذه الأيونات يلزم تعيينه لتقييم مناسبة نوعية مياه الصرف للاستخدام فى الزراعة.

كما يوجد عادة عدد من العناصر بتركيزات منخفضة نسبيا أقل من عدة مليجرامات فى اللتر فى مياه الرى العادية وهى تسمى (**TRACE ELEMENTS**) هذه العناصر لا تشملها التحاليل الروتينية لمياه الرى، ولكن يلزم الاهتمام بها عند استخدام مياه الصرف وخاصة عند إحتمال التلوث بمياه الصرف الصناعى. وهذه تشمل، الألومنيوم، اليريليوم، الكوبالت، الفلوريد، الحديد، الليثيوم، المنجنيز، المولبدنيوم، السيلينيوم، القصدير، التيتانيوم، التنجستن، الفاناديوم.

وكذلك المعادن الثقيلة ذات التركيز المنخفض والتى أظهرت تأثيرات صحية خطيرة عند أخذ النبات لها. ومن هذه المعادن الثقيلة، الزرنيخ، الكادميوم، الكروم، النحاس، الرصاص، الزئبق، الزنك. وهذه تسمى معادن ثقيلة لأنها فى الشكل المعدنى تكون كثافتها النوعية أكبر من ٤ جرام / سم^{٣}.

ومن الناحية الصحية فإن الملوثات التى يعطى لها اهتمام خاص عند استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة هى الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (**PATHOGENS**) وهذه تشمل الفيروسات والبكتريا، البروتوزوا، الديدان بالنسبة الموضحة فى الجدول الآتى:

جدول المستويات المحتملة للكائنات الممرضة فى مياه الصرف الصحى

نوع الكائنات الدقيقة	التركيز فى اللتر	زمن البقاء باليوم.			
		فى السماد من المخلفات الآدمية	فى المياه العذبة ومياه الصرف	فى التربة	على المحاصيل
الفيروسات	٥٠٠٠	٢٠ — ١٠٠	٥٠ — ١٢٠	٢٠ — ١٠٠	١٥ — ٦٠
الكوليفورم الغائطى					
سلامونيلا	٧٠٠٠	٥٠ — ٩٠	٣٠ — ٦٠	٢٠ — ٧٠	١٥ — ٣٠
شيجلا	٧٠٠٠	٣٠ — ٦٠	٣٠ — ٦٠	٢٠ — ٧٠	١٥ — ٣٠
فيبر وكوليرا	١٠٠٠	٥ — ٣٠	١٠ — ٣٠	—	٥ — ١٠
البروتوزوا					
حويصلات إنتاميبا	٤٥٠٠	١٥— ٣٠	١٥ — ٣٠	١٠ — ٢٠	٢ — ١٠
الديدان (اسكارس)	٦٠٠	شهور	شهور	شهور	شهور
بيضات الاسكارس		شهور	شهور	شهور	شهور
تينيا	١٠	—	—	—	—
أنواع أخرى.	٥٠	—	—	—	—

لقد أصبح استخدام مياه الصرف الصحى فى الرى مقبولا من الناحية الزراعية والاقتصادية ولكن يلزم الحرص من الآثار البيئية الصحية الضارة. فبالإضافة إلى العائد الاقتصادى لاستخدام المياه فإن القيمة السمادية فى مياه الصرف الصحى لها أهمية بالنسبة لمتوسط التركيز من عناصر الغذاء للنبات فى مياه الصرف المعالج بالطرق التقليدية وهى :

النيتروجين ٥٠ ملجرام/ لتر.

الفوسفور ١٠ ملجرام / لتر.

البوتاسيوم ٣٠ ملجرام/ لتر.

وبفرض أن معدل استخدام المياه هو ٥٠٠٠ متر مكعب للفدان فى العام فإن الإسهامات السمادية لمياه الصرف المعالج ستكون :

٢٥٠ كيلو جرام من النيتروجين فى العام للفدان.

٥٠ كيلو جرام من الفوسفور فى العام للفدان.

١٥٠ كيلو جرام من البوتاسيوم فى العام للفدان.

الخطوط الارشادية للوقاية الصحية الميكروبية لمياه الصرف فى الزراعة

المجموعة	حالة استخدام المياه فى الرى	المجموعة المعرضة	الديدان المعوية عدد البويضات فى اللتر	العد الكلى للكوليفورم الغائطى فى ١٠٠ سم٣	معالجة مياه الصرف التى تحقق النوعية المطلوبة للمياه
أ	رى المحاصيل التى تؤكل طازجة، الملاعب، الأماكن العامة.	العمال عامة المستهلكين	≥ ١	≥ ١	عدة أحواض تثبيت (تهوية) أو معالجة مماثلة لتوفير الخواص المطلوبة.
ب	رى المحاصيل من الحبوب وعلف الماشية وأعشاب الراعى والأخشاب.	العمال	≥ ١	لا يوجد معيار	المكث فى أحواض التثبيت لمدة من ٨ – ١٠ يوم أو حتى القضاء على الديدان والكوليفورم
ج	المحاصيل فى (ب) فى حالة عدم تعرض العمال أو المواطنين	لا يوجد	–	–	المعالجة المسبقة للمياه المستخدمة فى الرى بما لا تقل عن المعالجة الأولية لحجر ترسيب المواد العالقة
فى المجموعة (ب) فى حالة أشجار الفاكهة يوقف الرى قبل جنى الثمار بأسبوعين ولا يستخدم الرى بالرش ولا تؤخذ ثمار من على الأرض					

طبقا لتقرير البنك الدولى على ١٩٨٦ فإن برك الأكسدة هى أفضل طريقة لمعالجة مياه الصرف الصحى المعاد استخدامها فى الرى. وهى الطريقة المفضلة حيث تتوفر الأراضى عادة فى الدول النامية مع ضعف الميزة فى معالجة مياه الصرف الصحى وتتكون برك الأكسدة أو التثبيت من عدد من الأحواض التى تعمل على التوالى ما بين الأحواض اللاهوائية والمختلط (هوائية لاهوائية) وأحواض النضج وذلك للقضاء على أكبر نسبة من الكائنات الحية الدقيقة.

٧ – أثر الملوث فى مصادر – مياه الشرب والاستخدام المنزلى :

المياه المستخدمة فى الشرب والاستخدام المنزلى هى المياه من المصادر السطحية والعذبة والمياه من الخزانات الجوفية العذبة والمياه المالحة المحلاة. الملوثات فى مصادر المياه السطحية العذبة هى الكائنات الحية الدقيقة المرضة نتيجة الصرف لمياه الصرف

الصحى وهذه من مسببات الأمراض الوبائية والمعادن الثقيلة نتيجة الصرف الصناعى الغير معالج وهذه من مسببات الأمراض المزمنة وهذا بالإضافة إلى العكارة والتى تجعل المياه غير مقبولة للاستخدامات المنزلية أو للشرب هذا بالإضافة إلى أن العكارة تحتضن الكائنات الدقيقة المرضة. ولهذا فإن مراحل المعالجة للمياه من المصادر السطحية العذبة تتلخص أساسا فى إزالة العكارة والمواد العالقة بالحجز والترسيب واستخدام مواد الترويب ثم الترسيب والترشيح وهذه تسمى المعالجة بالمرشحات ومواد الترويب هذه بالإضافة إلى قدرتها على التخلص من عكارة المياه لتكون رائقة تماما (بعد الترشيح) تزيل كذلك كثيرا من الكائنات المرضة العالقة بالعكارة هذا بالإضافة إلى أنها ترسب مركبات معظم المعادن الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة. ويتم القضاء على الكائنات الجرثومية المرضة باستخدام مواد التطهير المؤكسدة مثل الكلور. وقد يحدث تلوث فى مياه الشرب نتيجة تسرب المياه الجوفية الحاملة للملوثات العضوية فى مواسير شبكة المياه خلال ثقوب التأكل أو التفكك بين الوصلات وهذه المياه الملوثة تحتوى على مواد عضوية والتى تتحد مع الكلور والتى تسمى (التريهالوميثانات المكلورة **TRIHALOMERHANES - THM"S**). ولذلك فإنه لتجنب ذلك يلزم المحافظة على استمرار ضغط المياه فى الشبكة مع الكشف الدورى عن التسرب وإصلاحه. وقد تصل كذلك الكائنات الدقيقة المرضة إلى المياه فى الشبكة عن طريق دخول المياه الأرضية الملوثة.

بالنسبة لمصادر المياه الجوفية فإن الملوثات عادة هى الغازات المذابة مثل ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا وهذه تكون غالبا فى المياه الجوفية عند الأعماق المتوسطة من سطح الأرض (أى أقل من ٣٠ متر) أما الكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية التى تتسرب إلى جوف الأرض المصاحبة لمياه الأمطار ومياه المسطحات المائية فإن هذه المواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة تتحلل لاهوائيا منتجة مركبات ثابتة من النترات والكبريتات وغازات منها ثانى أكسيد الكربون الذى يذيب الصخور الجيرية مسببا عسر المياه أو التربة الطفيلية المحتوية على مركبات الحديد بما يسبب تلوث المياه بمركبات الحديد والمنجنيز. مركبات العسر من الكالسيوم والمغنسيوم يتم خفضها إلى المعدلات المقررة للشرب لتصل إلى حوالى ٨٥ جزء فى المليون وذلك إما بالمعالجة الكيمائية أو بغلى الماء والذى يرسب البيكربونات كما أن على الماء يمكن من التخلص من الغازات المذابة والمواد العضوية المتطايرة وقتل جميع الكائنات الصغيرة المرضة. وجرت العادة

علـى اللجـوء إلى غلى الماء للشرب عند ظهور حالات وبائية وذلك نظرا لأن نظام الكشف عـنها يستغرق عدة أيام والذى يتم ضمن خطط الاختبارات الدورية لصلاحية مياه الشرب علـى مـستوى الجمهـورية بواسطة عناصر وزارة الصحة والسكان، هذا وإن كان غلى الماء المـستخدم للـشرب لـمدة ثلاث دقائق يكون مفضلا سواء فى حالة ظهور حالات وبائية من عدمه.

أمـا بالنـسبة لأمـلاح الحديـد والمنجنيـز وإن كانـت تـسبب عكـارة للماء بسبب اللون الطوبـى إلا أنـه لـيس لهـا آثاره صحية ضارة ولكنها غير مقبولة للشرب ويمكن التخلص مـنها بالتهوية وبالأكسدة بكيماويات الكلور والبرمنجنات والترويب والترسيب والترشيح. وعموما عمق السحب الآمن للمياه الجوفية الخالية من الملوثات العضوية والجرثومية يكون علـى عمـق لا يقـل عـن ٦٠ مـتر مـن سـطح الأرض. الملوثات فى المياه المالحة هى أساسا الملـوحة الـزائدة وكـذلك المـواد العالقـة والكائـنات الدقـيقة ويـتم سحب المياه المالحة من الخـزان الجوفـى الملاصـق لـشاطئ البحـر لـتوفير تكاليف التخلص من المواد العالقة، أما الكائـنات الدقـيقة التـى يتم التخلص منها بفعل المعالجة الحرارية للمياه والتى تمكن من الحصول على نوعية مياه بملوحة مناسبة للشرب والاستخدام المنزلى وللرى.

٨ – الخلاصة والتوصيات:

تم فـى هذه الدراسة تناول موضوع الملوثات وأخطاره البيئية والصحية وذلك من خلال التعـرف علـى أنـواع الملوثات سواء كانت من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض أو المـواد العـضوية والغـير عـضوية العالقـة أو المذابـة والتلوث الحرارى والأشعاعى وأثر تلك الملـوثات والتـى مـصدرها هـو مـياه الـصرف الـصحى والـصرف الـصناعى وتعـرية التربة والـصرف العـشوائى للمخلفـات على المجرى المائى أو البحيرة أو المياه الجوفية أو تلوث الـبحار. كمـا تم الإشـارة إلى أثـر الملـوثات فـى مـياه الـرى علـى خـصائص التربـة وعلى المحاصـيل الـزراعية وكـذلك أثر الملوثات فى مصادر مياه الشرب والاستخدام المنزلى. **وقد تم فـى سـياق هـذه الدراسـة تناول الطرق العامة لتفادى تأثيرات تلك الملوثات البيئية والزراعية والصحية والتى خلصت إلى النقاط الأساسية التالية:**

١– أهمـية المعالجة لمياه الصرف الصحى الصناعى طبقا للمعايير المقررة وذلك قبل الـصرف على المسطحات المائية، وذلك للمحافظة على نوعية المياه العذبة كمصدر لمياه الـشرب وللحـد مـن نمـو النباتات المائية والتى تعيق قدرة المجرى المائى على المعالجة الذاتـية وعلـى صـلاحية المـياه للـرى وعلـى المحافظة على الثروة الحيوانية المائية من الأسماك.

٢– أهمـية عـدم وصـول أي ملـوثات إلى بحـيرة ناصـر سواء بفعل تعرية التربة أو الملـوثات الأخـرى والتى تسبب الإسراع فى شيخوخة البحيرة وإن كانت الزراعة على شـواطئ الـبحيرة تفيد فى تثبيت التربة وعدم تعريتها إلا أن الأنشطة التنموية الأخرى قد تحدث أثر بيئى سيئ على المدى القريب والبعيد.

٣– إن تلـوث المـياه الجوفـية فـى معظمـه يرجع إلى الصرف الغير آمن للمخلفات علـى سـطح الأرض بمـا يـنعكس بالـسلب علـى نوعـية المياه الجوفية ويزيد من تكلفة معالجتها وإعدادها لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى.

٤– إن المحافظة على مياه الشواطئ البحرية من التلوث هو مطلب بيئى فى المقام الأول وكذلك يعتبر من عوامل تنشيط السياحة والترفيه والاستمتاع للمواطنين.

الفصل الثانى

البيئة الصحية داخل المنشآت السكنية والخدمية :

Indoor invironmentah sanitation

التصحاح البيئى يعتمد على توفير الظروف الصحية داخل المبنى الذى يجب ان يوفر بيئة حياتية كاملة لمن هم فى المبنى . والحصول على مثل هذا المجال البيئى فإنه يجب إتباع المبادئ المختلفة للتصحاح داخل المنشآت بشدة:

١ - مبادئ التصحاح داخل المنشآت السكنية والخدمية :

أ – كل المخلفات سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية وذات طبيعة منفرة وتشكل خطورة على الصحة يجب إزالتها بعيدا عن السكان بمجرد إنتاجها وأن يتم التخلص منها بطريقة تؤمن ضد أضرارها.

ب – يجب أن تكون المنشأة خالية من الرطوبة. ولهذا السبب فإن كل المواد المستخدمة فى الإنشاء يجب أن تكون غير ماصة للماء ومانعة لنفاذ المياه مع التعامل مع أى مصدر خارجى للرطوبة.

جـ - كل غرفة يجب أن يتوفر لها الوسائل الجيدة لدخول الهواء وطرد الهواء المستخدم.

د – كل جزء داخل المنشأة السكنية بما فيه الأركان والزوايا والمساحات المنعزلة يجب أن يكون تام الإضاءة كلما أمكن ذلك بالإضاءة المباشرة من الشمس على الأقل لبعض الوقت أثناء النهار.

هـ - كل المواد التى يمكنها احتواء جسيمات من الأتربة مهما كان استخدامها يجب تجنبها.

و – يجب توفير المياه النقية الكامنة.

٢ – التهوية :

فى المنشآت حيث يعيش الإنسان تحدث التأثيرات التالية :

- ينخفض المحتوى من الأكسجين من ٢١٪ إلى ١٧٪.

- يـزداد المحـتوى مـن ثانى أكسيد الكربون وحتى فى أسوأ حالات التهوية نادرا ما يزيد ثانى أكسيد الكربون عن ٠,٥ إلى ١٪ ولذلك فإنه لا يسبب تأثيرات مرضية.
- المواد العضوية التى تستقبل كرائحة تأتى من الجسم ومن الملابس.
- الجسم ينتج رطوبة وحرارة لهذا فإن الرطوبة والحرارة تزداد.
- نـواتج الاحـتراق مـن المطـابخ وأدوات التـسخين الأخـرى عـادة ينتج عنها ثانى أكسيد الكربون وغازات أخرى.

لذلك فإنه للمحافظة على الحالة الهوائية داخل المسكن نظيفة ومهواه، فإنه يكون من الضرورى توفير نظام تهوية:

أ - تعريف بالتهوية:

الـتهوية لمبنـى تعرف بأنها عملية إزالة أو سحب الهواء بوسائل طبيعية أو ميكانيكية من مصدر الهواء.

ب - ضرورة التهوية:

بغـرض تخفـيف الملـوثات داخل المسكن وأن تكون البيئة الداخلية نظيفة فإن التهوية تكون ضرورية بالطرق الآتية:

- التهوية تسبب حركة الهواء.
- تمـنع تـراكم ثانـى أكـسيد الكـربون، وأبخـره الغازات القابلة للاحتراق والأتربة والجسيمات الحاملة للبكتريا.
- الحد من الرائحة يسبب تحلل بعض المواد.
- تساعد التهوية فى إزالة الدخان، الرائحة، ومصدر الحرارة والروائح الكريهة.
- تمنع تكثيف أو ترسيب الرطوبة على أسطح الحوائط.

٣ - معدل توفير الهواء النظيف وعدد مرات تغير الهواء:

كلا هذين يختلف لمختلف أنواع الإنشاءات حسب طبيعة عمل وعدد السكان:

م	الاشغال ($م^3$ / الفرد)	امدادات الهواء من خارج المسكن
١	**الإنشاءات السكنية:**	
	(أ) – غرف النوم وغرف المعيشة	
	٩$م^3$/ للفرد	٢٤$م^3$/ الساعة/ الفرد
	١٢$م^3$/ للفرد	٢٠$م^3$/ الساعة/ الفرد
	١٥ $م^3$/ للفرد	١٤$م^3$/ الساعة/ الفرد
	ب- المطابخ	٦٠$م^3$/ الساعة/ الفرد
	جـ – الحمامات ودورات المياه	تغير الهواء مرتين فى كل ساعة
٢	**المكاتب:**	
	أ – الحجرات	
	٦ $م^3$/ الفرد	٣٣$م^3$/ الساعة/ الفرد
	٩$م^3$/ الفرد	٢٤$م^3$/ الساعة/ الفرد
	١٢$م^3$/ الفرد	٢٠$م^3$/ الساعة/ الفرد
	١٥$م^3$/ الفرد	١٤$م^3$/ الساعة/ الفرد
	ب – دورات المياه	تغير الهواء مرتين فى كل ساعة
٣	**المنشأت التعليمية:**	
	أ – الفصول الدراسية	
	٣ متر مكعب/ الفرد	٥٠$م^3$/ الساعة/ الفرد
	٦ متر مكعب/ الفرد	٣٣$م^3$/ الساعة/ الفرد
	٩ متر مكعب/ الفرد	٢٤$م^3$/ الساعة/ الفرد
	الحمامات	تغير الهواء مرتين فى كل ساعة
٤	**المستشفيات:**	
	أ – الصالات	تغير الهواء ثلاث مرات فى كل ساعة
	ب – غرف العمليات	تغير الهواء عشر مرات فى كل ساعة
	جـ – غرف أشعة أكس.	تغير الهواء عشر مرات في كل ساعة

معدلات تغير الهواء فى المبانى السكنية:

أ – غرف النوم وغرف المعيشة لا يقل عن ثلاث مرات فى الساعة.

ب – المطابخ ثلاث مرات فى الساعة.

ج – الحمامات.. الخ ثلاث مرات فى الساعة.

د – المرات: زمن الإشغال بها قليل ولا يعطى تصميم خاص للتهوية.

٤ - خواص الهواء:

أ — درجة حرارة الهواء:

فـى فـصل الـشتاء يفضل أن يكون الهواء الداخل دافئا قبل دخوله الغرفة. فإذا كانت سـرعة الهـواء الـداخل عالـية فإن درجة حرارته يجب ألا تقل عن درجة حرارة الغرفة، بينما فى فصل الصيف يفضل أن يكون الهواء الداخل باردا.

الفـرق فـى درجـة الحـرارة بـين الـداخل والخـارج يجـب ألا يـزيد عـن ١٥ درجـة فهرنهيت.

ب — رطوبة الهواء:

الـرطوبة النـسبية فـى المجـال ٣٠ — ٧٠٪ يمكن أن تكون مقبولة حتى درجة حرارة ٧٠ فهـرنهيت. عـند درجـات حرارة أعلا من ذلك يكون من الضرورى رطوبة منخفضة، زيادة فى حركة الهواء لإزالة جزء كبير من الحرارة من الجسم.

جـ - نقاء الهواء:

هـواء الـتهوية يجـب أن يكـون خالـيا مـن الملـوثات العـضوية والأتـربة الغير عضوية الـضارة. الهـواء الـذى يحتوى على أقل من ٠,٥ ملجرام/ لتر من الملوثات العالقة فى المتر المكعـب وأقل من ٠,٥ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكبريت يمكن اعتباره هواءًا نظيفا وقد لا يحتاج إلى معالجة خاصة.

٥ - نظام التهوية:

نظام التهوية الجيد يجب أن تتوفر فيه الحالات الآتية:

أ — التحكم فى كمية الهواء الداخل وسرعة دخوله.

ب — تغير الهواء يكون متقنا مع عدم ترك أركان آسنة.

ج — تجانس درجة حرارة الهواء والتحكم فيها.

د — عدم وجود تيار شديد للهواء، أقصى سرعة مسموح بها يجب ألا تزيد عن ٠,٢٥ متر / الثانية.

ولكن عمليا يكون من الصعب توفير نظام يحقق كل هذه الحالات فى كل الأوقات.

النظم الثلاث المستخدمة عادة فى التهوية هى:

١- التهوية الطبيعية

٢- التهوية الميكانيكية

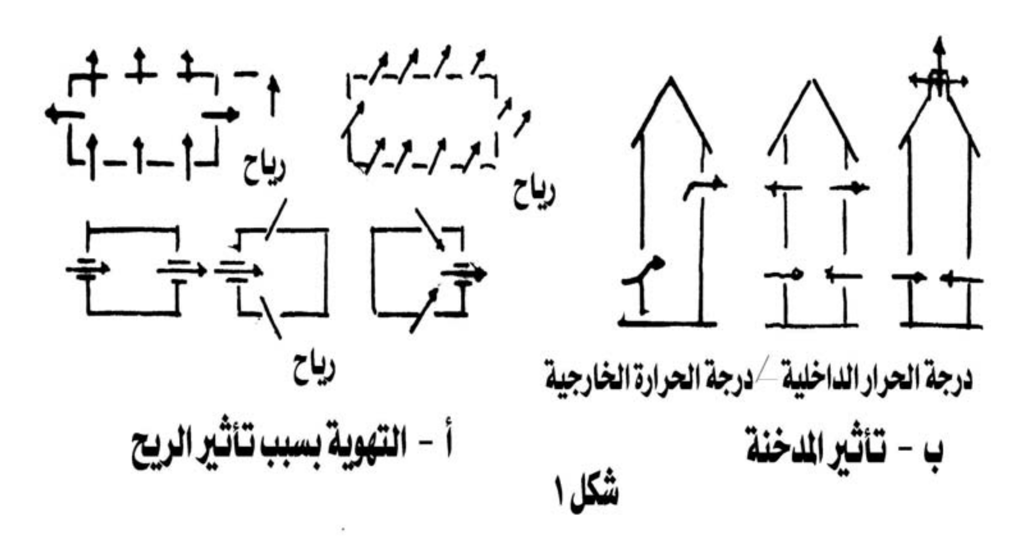
٣- مكيفات الهواء **Air Conditioning**

أ – التهوية الطبيعية:

التهوية الطبيعية هى تلك التى فيها المداخل والمخارج موضوعة فى أماكن مناسبة وتقوم الطبيعة بعمل الباقى. يستخدم هذا عندما لا يكون المطلوب التحكم الدقيق فى إعداد الهواء ومعدل تغيره.

تتوقف التهوية الطبيعية فى عملها على تأثير الريح والتأثير بسبب اختلاف درجة الحرارة والذى يسمى تأثير المدخنة (**STACK EFFECT**). يجب توفير الفتحات المناسبة فى المنشأ لتسمح بحدوث تغير الهواء. الحجم والوضع والتصميم لهذه الفتحات يعتبر من الأمور الهامة شكل (١/ – أ)، الشكل (١/ – ب) للأداء الجيد لنظم التهوية الطبيعية.

المعدل الذى يتغير به الهواء سوف يحدث بسبب تأثير الريح يمكن التحكم فيه بفرق الضغط بين الداخل والخارج. بينما تأثير المدخنة (الذى يتأثر بفرق درجات الحرارة الداخلية والخارجية) فإذا كانت درجة حرارة الهواء الداخلية أعلا من الخارجية فإن الهواء الدافئ سيصعد ويمر خلال الفتحات فى الجزء العلوى من المبنى بفعل تأثير المدخنة. الهواء الأكثر برودة الآتى من الخارج خلال الفتحات السفلية يستبدل الهواء الساخن وبذا تحدث التهوية. المعدل الذى به يحدث هذا التغير يتوقف على الفرق فى درجات الحرارة بين الهواء الداخلى والخارجى، وعلى الفرق فى الارتفاع بين المدخل والمخرج ومساحة الفتحات.



شكل ١

القواعد العامة للتهوية الطبيعية :

١- فتحات الدخول فى المبنى يجب أن يتم توزيعها جيدا حيث توضع على جانب اتجاه الريح، وعلى مستوى منخفض، وفتحة الخروج تكون على جانب صرف الريح، قريبا من أعلا المينى، بحيث أن مسار الهواء الداخل يمر عند مستوى السكان.

٢- كلما أمكن ذلك، لا تكون فتحات الدخول معرضة لأى عوائق بالمبانى المجاورة، الأشجار أو أى إعاقات أخرى أو بالقواطيع ذات ممر تدفق الهواء.

٣- أكبر تدفق لوحدة المساحة للفتحات يتم تحقيقه باستخدام فتحات الدخول والخروج بمساحات متساوية تقريبا.

٤- عندما يكون اتجاه الريح ثابت إلى حد ما، فإن الفتحات يمكن تنظيمها لأخذ أقصى فائدة من قوة الريح، ولكن عندما يكون اتجاه الريح متغيرا، فإن الفتحات يمكن تنظيمها بما يمكن أن يحقق فتحات متساوية على كل الأجناب.

٥- تحدث التهوية الطبيعية عندما يكون الهواء داخل المينى عند درجة حرارة تختلف عن درجة الحرارة خارج المبنى. لذا، فإن المبانى أثناء ليالى الصيف وعند ما تكون درجة الحرارة الداخلية مرتفعة عن الخارجية، فإن الهواء الخارجى البارد سيحاول الدخول خلال الفتحات عند المستوى المرتفع. لذلك يكون من المفيد توفير هوايات قريبة من السقف ما أمكن.

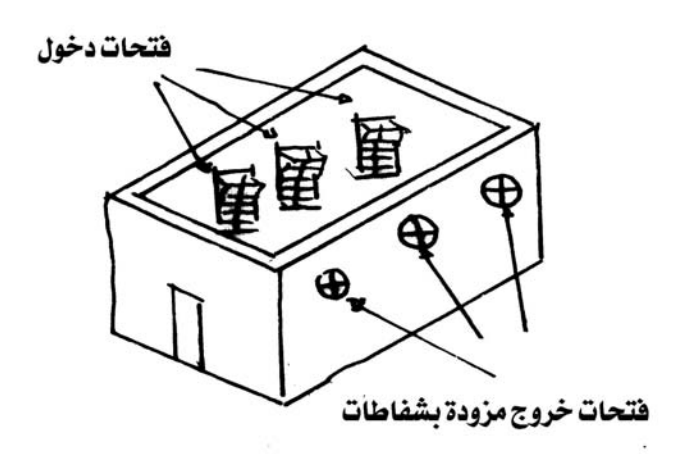
٦- شبابيك غرف المعيشة يجب أن تكون مفتوحة إلى الفضاء الخارجى مباشرة. عند الأماكن حيث توجد إعاقة من المبانى، فإنه يمكن توفير فضاء مفتوح فى المبانى بتوفير فناء أو ساحة.

ب - التهوية الميكانيكية :

(١) - **ـريقة التفريغ:** (**VACUUM METHOD**) :

طريقة التفريغ أو السحب هى تلك الطريقة حيث يتم السحب الصناعى للهواء الفاسد، عادة بواسطة شفاطات تركب قريبا من السقف، حيث يدخل الهواء النظيف خلال فتحات سفلية.

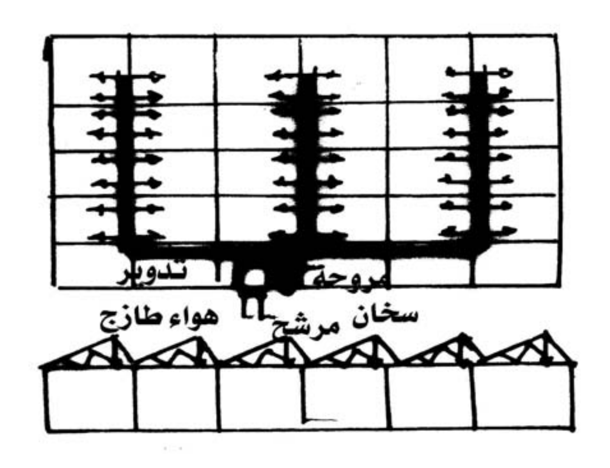
عموما تستخدم شفاطات سحب الهواء العادم حيث تعمل ضد مقاومة قليلة أو منعدمة. يجب الحرص نحو عدم وجود فتحات قريبا من هذه الشفاطات وإلا فإن الشفاطات سوف تسحب الهواء الخارجى من هذه الفتحات مسببة قصر المسافة (**SHORTCIRCUITING**) . شكل (٢) يوضح تخطيط مبسط لنظام التهوية بالتفريغ.



شكل ٢ نظام التهوية بالتفريغ / السحب

(٢) – ـريقة الإمتلاء (PLENUM METHOD) :

فـى طـريقة الامـتلاء أو الدفع ، يتم ضخ الهواء النقى إلى الداخل والهواء الفاسد يسمح لـه بالخـروج أو أن يـتم سـحبه بواسـطة شـفاط أو طلمبة ذات طاقة أقل عن تلك لدخول الهـواء. محـتويات الامتلاء عادة يجمع تدفئة الهواء والتطهير (باستخدام الأوزون) وكلك التكيـيف ولـذلك فإنـه نظـام معقد ومكلف وذلك بالنسبة لكل من الإنشاء والصيانة نموذج المخطط نظام الامتلاء موضح فى الشكل (٣).



شكل ٣ مخطط لنظام الامتلاء

(٣) – **النظام المشترك أو المتوازن:** (**COMBINED OR BALANCED SYTEM**):

فـي هـذا الـنظام تم الجمع بين طريقة التفريغ وطريقة الامتلاء. وهو يوفر تحكم أفضل وتوزيع أفضل للهواء خلال كل المساحة المشغولة.

مقارنة بالنظام الميكانيكى فإن النظام الطبيعى له المميزات والعيوب الآتية:

المميزات:

(١) البساطة والتكلفة المنخفضة.

(٢) تكاليف الصيانة منخفضة.

(٣) يمكن فتح الأبواب والشبابيك بحرية بدون أي اضطراب للنظام.

العيوب:

(١) مصدر الإمداد بالهواء النقى ليس تحت السيطرة.

(٢) حجم وسرعة ودرجة حرارة الهواء القادم ليست تحت السيطرة

ج - مكيفات الهواء: (**AIR - CONDITIONING**):

تكيـيف الهـواء يعـرف بأنـه علم التحكم فى الحالة الجوية ذات المسكن، بما يناسب افـضل الاحتـياجات الفـسيولوجية للإنـسان أو للـصناعة فقـد تـستخدم مكـيفات الهـواء للمحافظـة علـى الـصحة والـراحة للإنـسان فـى منزلـه. مكيفات الهواء فى الصناعة مثل تحـضير الحرير الصناعى، حفظ الفواكه والأغذية. الهواء المكيف يعنى به الجو الذى يتم فـيه الـتحكم فـى درجـة الحـرارة والـرطوبة وحـالات السرعة مع النظافة من الغبار. فى الـصيف يكـون الهـواء سـاخنا لـذلك فإنـه يلـزم تـبريد الهـواء، وإزالـة الرطوبة والنظافة والتدويـر المناسـب. فـى أشـهر الـشتاء فإنه يلزم تسخين الهواء، إزالة الرطوبة، والنظافة للهـواء وتدويـره. الـشعور بالـراحة هـو مؤشـر جـيد للحـالات المناخـية الصحية. أنه من الواضـح أن الإنـسان يـشعر بالراحة عند درجة حرارة معينة، سرعة هواء ورطوبة معينة. ثـم عمـل أبحاث كثيرة فى مختلف دول العالم لتقدير وتوفير قيم درجة الحرارة والرطوبة وكـذلك سـرعة الهـواء التـى توفـر الظـروف المـريحة فـى مختلف فصول العام. لقد تمت اختـبارات كـثيرة لتعيين مجال درجة الحرارة التى تناسب معظم السكان. وهذا ما يعرف بالنطاق المريح (**COMFORTABLE ZONE**). يوجد اختلاف بين النطاق المريح فى الصيف وفى الشتاء. وهذا يرجع إلى اختلاف الملابس فى كلا الفصلين وطبقا لتغيرات فى الجـسم نطـاق الـراحة الـشتوى يـشمل نطـاق درجـة حـرارة مؤثـر مـن ١٥٫٥ – ٢٠٫٥° م

(٦٣ — ٧٢ درجة فهرنهيت) بينما تعتبر درجة الحرارة ١٧,٥°م (٦٦ درجة فهرنهيت) هى خط الارتياح . هذه المجالات فى درجة الحرارة قد لا تكون هى نفسها فى كل المناطق وفى مختلف الظروف المناخية ولكنها تعطى فكرة عن درجات الحرارة التى تكون مناسبة عموما.

درجة الحرارة المؤثرة هى قياس لراحة جسم الإنسان وفى معظم ظروف الرطوبة وحركة الرياح، يوجد اختلاف فى الحرارة المفقودة من الجسم بالإشعاع أو بالحمل الحرارى أو بسبب البحر، لنفس درجة الحرارة المؤثرة ولمختلف الأشخاص يعتبر تنظيم سرعة الهواء من الأمور الهامة جداً. السرعة المناسبة للهواء التى تضمن تدوير الهواء يحب تبنيها. وهذه عادة تقدر بحوالى ٢٠ — ٣٠ قدم فى الدقيقة، وهى تعادل الهواء الساكن نسبيا. مع تكييف الهواء، فإن التحكم فى الرطوبة يعتبر من الأمور الهامة. للأسباب العملية يتم المحافظة على الرطوبة النسبية ما بين ٣٥ — ٦٥٪، بينما الحدود المفضلة هى ما بين ٤٠ — ٦٠٪ والتى يمكن تبينها.

نطاق الراحة فى مصر هو حوالى ٢٢م — ٢٦م والرطوبة النسبية ما بين ٦٠٪ إلى ٤٥ ٪، ذلك بفرض أن سرعة الهواء لا تزيد عن ١٠ قدم فى الدقيقة يكون المفضل دائما وجود اختلاف فى درجات الحرارة ما بين داخل وخارج الغرفة فى حدود ٥م.

نظم تكييف الهواء:

أساسا توجد أربع نظم لتكييف الهواء كالآتى:

(١) — النظام المركزى.

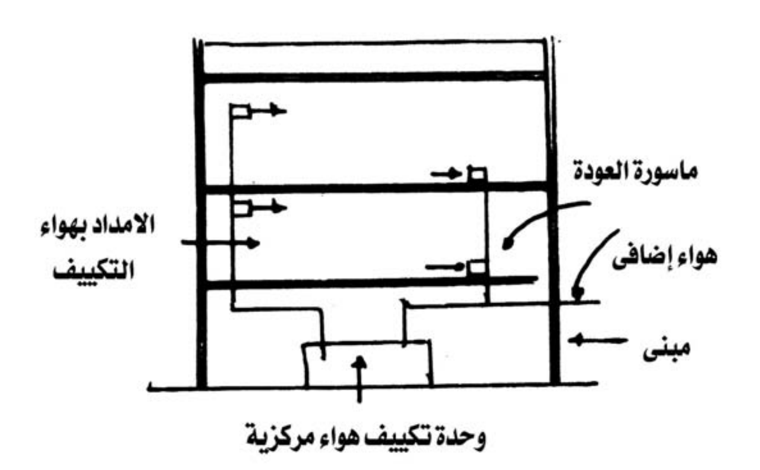
(٢) — النظام ذاتى المحتوى (**SELF CONTAINED**)

(٣) — النظام شبه ذاتى المحتوى (**CONTAINED — SEMI**).

(٤) — النظام المشترك (**COMBINED**).

(١) النظام المركزى:

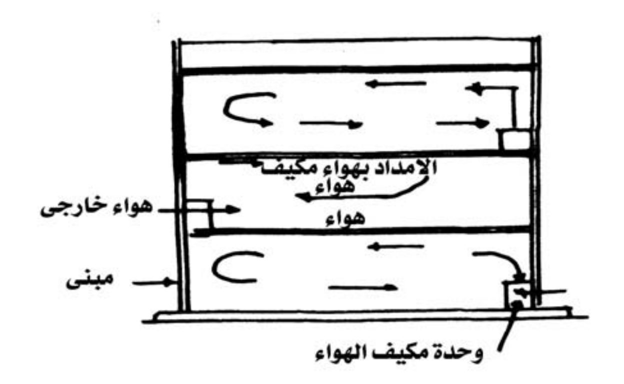
فى هذا النظام يستخدم الهواء المكيف لكل الاحتياجات ولفصل واحد من فصول السنة أو أكثر، ويوضع فى نقطة مركزية فى المبنى. الهواء المكيف يتم توزيعه خلال قناة الهواء (**DUCTS** — ماسورة الهواء) إلى مختلف الحجرات، والمساحات فى المبنى، والتى يلزم معالجتها شكل (٤).



شكل ٤ النظام المركزى لتكييف الهواء

(٢) النظام ذاتى المحتوى:

الـنظام ذاتـى المحتوى (مثل وحدة كغرفة) لا يستخدم هواء تم تكييفه بل يتم تكييف الهواء خلال الوحدة (الحجرة) شكل (٥).



شكل ٥ – نظام تكييف الهواء ذاتى المحتوى

(٣) النظام شبه ذاتى المحتوى:

فـى هذا النظام يتم تكييف الهواء طبقا لمتطلبات الفصول من العام خلال الوحدة وذلك بالتبريد والتسخين والذى يتم إرساله إلى الوحدة (الحجرة) فى المبنى.

(٤) النظام المشترك:

هذا النظام يمكن أن يتكون من أى من التجميع للنظم الآتية:

(أ) نظام مركزى — ذاتى المحتوى.

(ب) نظام مركزى — شبه ذاتى المحتوى.

(ت) نظام ذاتى المحتوى — شبه ذاتى المحتوى.

تنظيف الهواء : (**CLEANING OFAIR**):

الغبار الجوى يحتوى على جسيمات صغيرة من الرمال، الأتربة، الرماد، الكيماويات، والبكتريا وكائنات حية صغيرة أخرى. الهدف من الحصول على هواء نظيف فى الغرفة هو لتقليل تركيز الغبار إلى أدنى حد ممكن، بحيث يصبح غير ضار.

طبقا لمبدأ العمل، فإن أجهزة تنظيف الهواء تكون من الأنواع الآتية:

(١) المرشحات الجافة.

(٢) أجهزة الغسيل (**WASHER**)

(٣) أجهزة الترسيب الكهربى.

(٤) المرشحات اللزجة **VISCOUS**

(١) المرشحات الجافة:

المرشحات الجافة تصنع من النسيج مثل السيليوز، اللباد.. الخ الهواء الذى يمر خلال هذا الوسط الترشيحى ويحجز المواد العالقة خلال مروره.

(٢) أجهزة الغسيل:

الغبار والدخان يمكن إزالته فقط بتلك الطريقة، إذا أصبح الجسم العالق رطبا أو امتص الرطوبة من الرش. كفاءة الإزالة تتوقف على نوع الغبار وطول فترة التصاق الجسيمات مع الرش. أجهزة الغسيل يمكنها إزالة حوالى ٦٥٪ من الغبار من الهواء.

(٣) المرسبات الكهربية:

المرسبات الكهربية هى تلك التى تعمل أنه عند تعرض الجسم العالق إلى مجال كهربى قوى فإنه تحدث له شحنه وينجذب إلى القطب ذو الشحنة الموجبة، حيث ترسب وعند حدوث ترسيبات كافية فإنه يتم تفريغ شحنتها وسقوطها إلى أسفل. وهذه احدث تقنية مستخدمة.

(٤) المرشحات اللزجه:

المرشحات اللزجة تستخدم بطريقة ميكانيكية بدورة مستمرة، مكونة من تنظيف هواء، إزالة للملوثات، استبدال مجال الترشيح اللزج ووضع مساحة طازجة من مجال الترشيح فى مسار الهواء للاستخدام فيما بعد.

إزالة الر ـوبة من الهواء: (**DEHUMIDI FICATION OF AIR**):

إزالـة الـرطوبة مـن الهـواء يمكـن تنفيذها بالتكثيف أو التجفيف والذى يتم بطريقتين وهما الإدمصاص والامتصاص.

فـى الإدمـصاص، يـستخدم عادة الألومينا المنشطة أو السيلكا جيل، كمواد إدمصاص. يـتم مـرور الهـواء خلال طبقة من جسيمات أدمصاص ويجف. بعد إدمصاص كمية معينة من الرطوبة، يتم إعادة تنشيط مادة الادمصاص بالتسخين عند درجة حرارة مرتفعة.

عملـية الامتـصاص عـادة تستخدم محاليل الأمونيا، اللكالسيوم، أو أملاح أخرى. يتم خلـط الأمـلاح بالمـاء وحفظهـا عـند درجـة تركيـز معـين ودرجة حرارة معينة. بعد تبريد محلـول الملـح يـتم رشـه فـوق الـصوف الزجاجـى أو مادة امتصاص. الهواء المطلوب إزالة الـرطوبة مـنه يمـر فـوق هذه المادة ويتم امتصاص الرطوبة الزائدة بواسطة المحلول الملحى المركز.

التر ـيب: (**HUMIDIFICATION**):

فـى فـصل الـشتاء يكـون الهـواء الخارجـى عـند درجـة حـرارة منخفضة ولـه رطوبة منخفـضة جـدا والتـى يلـزم زيادتهـا للحـصول علـى مجـال نطـاق الراحة. الترطيب يتم بالآتى:

(١) الحقن للرش المباشر للماء فى الغرفة.

(٢) إدخال هواء مرطب.

(٣) الجمع بين كلا الطريقتين السابقتين.

الوضـع المناسـب لإنـشاء وحدة عند أركان الحجرة. يجب أن يوضع فى مكان مركزى فـى حائط فى الغرفة وكذلك عند أقصى ارتفاع وعلى ارتفاع ٣ قدم من سطح الأرض. عدم وجـود إعاقـة لعادم الهواء الساخن خلف الوحدة مع وجود مساحة فضاء لا تقل عن ١,٥ مـتر. وكـذلك يلـزم توفـر فاصل ٣٠سم لمنافذ دخول الهواء النقى على كلا جانبى الغلاف الخارجى.

متطلـبات الهواء النقى للمنشأت السكنية والخدمية بالمتر المكعب للفرد فى الساعة موضح فى الجدول الآتى:

مسلسل	الإشغال	متر مكعب للفرد فى الساعة	
		الموصى به	الأدنى
١	**سكن**		
	حجرات أو شقق سكنية، حجرات	٣٣,٦	٣٣,٦
	فندقية	٥٠,٤	٥٠,٤
٢	**مكاتب**		
	حمام	٢٥,٢	٢٥,٢
	غرف استقبال.	٨٤	٨٤
٣	**مستشفيات**		
	غرف عمليات	كل الهواء النقى	كل الهواء المنقى
	صالات	٥٠,٤	٥٠,٤
٤	**تجارية**	١٦,٨	١٦,٨
٥	**منشآت خدمية**		
	مساحة بنكية	١٢,٦	١٢,٦
	مسارح.	٢٥,٢	٢٥,٢

مشاكل نوعية الهواء التى عرفت قريبا :

الأمراض المصاحبة للمبانى :

فى السنين القريبة زادت الشكوى من عدم الارتياح الشديد فى مبانى المكاتب وتحديدا تلك المجهزة بمكيفات الهواء. الشكاوى العادية كانت الصداع، صداع العين (EYEACHE)، إحتقان الزور، صعوبة التنفس، أعراض مثل البرد، الإرهاق. ولقد أثبتت الأبحاث الطبية ان هذه الأعراض أنها حقيقية وانه يمكن تأكيدها طبيا.

ثم عمل العديد من الفحوص وعمل القياسات التفصيلية المكثفة على الظروف المناخية الموجودة فى مجال كبير من المبانى. لم تظهر معرفة واضحة لسبب ظهور المشكلة. وهذا ليس مدهشا بالنسبة للعديد من المتغيرات فى كل الظواهر البيئية والتى تشمل اعتبارات حرارية، سمعية، بصرية، صحية وطبية.

المشكلة الأساسية تم تأكيدها بالدراسات والفحوص الميدانية. فهى درجة كبيرة من التناقص بين كفاءة التصميم لنظم التدفئة وتكييف الهواء والطريقة الحقيقية للعمل بها. وهذا ليس مدهشا لوضع مثل هذه النظم المعقدة فى العمل الصحيح فإنه يلزم فترة زمنية.

ولكـن ثبت أن التصميم الصحيح للمبانى وإنشاءات نظم التكييف وصيانتها قد ساعد على خفـض هـذه المـشاكل. إلا أن العامـل الرئيـسى الهـام الـذى سـاهم فـى هذه الأمراض هو الـنظافة. وهذه تشمل النظافة الداخلية لمواسير مسار الهواء وكذلك الأثاث والسجاد. يبدو ان اسـتمرار الحالـة الداخلـية مـن الدفـئ والـرطوبة، والهـواء النقى المحدود، غيبة ضوء الشمس المباشر والاستخدام للسجاد فى كل مكان، قد ساعد على توفير البيئة المثالية لمثل تلـك الأمـراض. فالبكتريا التى تتطاير من المفروشات التى يحملها الهواء تسبب حساسية لبعض الأشخاص.

بخـلاف الـتلوث فـى المبانـى الصناعية فإنه لا توجد القواعد التى تنظم مباشرة نوعية الهواء فى المبانى.

الرادون: RADON:

الـرادون هـو غـاز لـه نـشاط إشـعاعى الموجود فى كثير من المواد فى القشرة الأرضية. بعـض مـواد البـناء تنـشر كمـيات صـغيرة جـدا. الغـاز يـتآكل إلى جـسيمات تـسمى " **DAUGHTERS OF RADON**" . تلـك الجـسيمات يمكـن استنـشاقها واحتباسها فـى الرئة حيث تشع الإشعاعات. فى المناجم وفى الطبقات التى تبعث كميات كبيرة من الـرادون، فإنـه يمكـن أن تكـون النتـيجة تركيـزات خفـيفة جـدا فى الهواء، بما يسبب حـدوث سـرطان الرئة والذى كان معروفا قبل معرفة أسبابه. قريبا تم إدراك أن تركيزات الـرادون الـضارة يمكـن أن تحـدث فـى المبانـى. جـزء صـغير نـسبيا يأتى من مواد البناء نفسها. الطـوب، الحجـر، الخرسـانة، أو الجبس، يمكن أن يشع الرادون، وخاصة إذا كانـت هذه المواد معرضة وغير مغطاة بطبقة طلاء أو رطبة. ولكن المصدر الكبير هو تسرب الغـاز خـلال التربـة وتحـركه فى المبانى خلال الشقوق والتصدعات فى التربة وفى سطح التربـة. التركيـزات الـناتجة ذات العلاقـة خاصـة فـى بعـض الأمـاكن وخاصة إذا كانت الطـبقة الـسفلية للتربـة هى حجر الجرانيت. شئون البيئة يجب أن توفر النصيحة حيث تكون الاحتياطات ضرورية، لكل من المواطنين وعمال البناء لتجنب هذه المخاطر.

الحفـاظ علـى الطاقـة بخفـض معـدلات الـتهوية يـزيد مـن تركيزات الرادون. خفض مـستويات الـرادون فـى المانى يمكن تحقيقه بزيادة التهوية أو باستخدام أجهزة الترسيب الكهروسـتاتيكية. المعـدلات العالية لنظم التهوية واستعادة الحرارة يمكن استخدامها. كلا هاتين الطريقتين والترسيب الكهروستاتيكى رغم إنهما مناسبتين من الناحية التطبيقية إلا

أن لهـم درجـة مـن التعقـيد والتكالـيف والتـى تحـد من استخدامهم. الطريقة التى يمكن الاعـتماد عليها والمناسبة للمبانى الجديدة تحديدا، هى بتوفير غطاء أو غشاء مستمر على الأرض والـذى يمـنع أو يقطع أو يقلل اختراق الغاز، مثل هذا الغشاء يجب أن يكون تام التحمـيل، وموضـوعا بحـرص والوصـلات تكـون ملحـومة مـع اللحـام الجيد لأى مدخل للخدمـة. فـى حالة الأرضيات المعلقة يجب توفير التهوية للفراغ، جنبا إلى جنب مع أى عزل مطلوب للأرضية. يجب مراعاة الحذر من الجسور الباردة ومخاطر التكثيف. التهوية يمكـن أن تـزداد عند توفير المروحة لتفريغ الهواء من المبنى. كما يجب ان تقوم السلطات المحلية بالتوجيه نحو مستوى الحذر المناسب للمنطقة.

المرض الفيلقى: LEGIONN AIRS DISEASE:

الـبكتريا مـن فـصيلة ليجـنو لاسـيا واسـعة الانتـشار فـى التربـة وفـى مـصادر المـياه الـسطحية. كـل نظم الماء فى المبانى يجب اعتبارها أنها أرضية توالد للبكتريا. أول مرض معـرف مـن هـذا المـصدر فـى المبانـى كـان فى عام ١٩٧٦ فى مؤتمر فى أحد الفنادق فى الـولايات المـتحدة. مـنذ هذا التاريخ ثم معرفة كثيرا من انتشار المرض فى المملكة المتحدة. بيـنما كـان هـناك قلـيلا مـن الشك حول انتشار العدوى الغير معروفة فى الماضى، إلا أن تعقـيدات الخـدمات المحـتوية علـى المـاء وارتفـاع درجـات الحـرارة الـسائدة فى المبانى الحديثة (حيث البلاد ذات الجو البارد) قد ساعد بلا شك على خطورة وحدة الانتشار.

انتـشار العدوى يتطلب ترزيز نقاط من المياه المطهرة التى تصبح عالقة فى الهواء حيث تستنـشق فـى الـرئة. ترزيـز المـاء مـن الأمطار أو من أبراج التبريد أو من أجهزة التكييف ذات ترزيـز المـاء تـولد كمـيات ضخمة من الضباب، وكذلك فإن التقليب السطحى للمياه فـى الاسـتخدامات الـصحية أو عـند الملـئ مـن الـصنور يمكن كذلك أن يساهم فى تكوين الضباب فى الجو.

البكتريا واسعة الانتشار بحيث يصعب التخلص التام منها. ولكن مستوى وجودها فى الطبـيعة ليس السبب فى معظم الأمراض. فى المبانى فإن الاستراتيجية المؤثرة لمنع التكاثر الـسريع للبكتريا، مع معرفة أن أقصى درجة حرارة للتكاثر السريع هى ٣٧م. لذلك فإن عـند درجـة حـرارة أقـل مـن ٢٠م يكون التكاثر بطيئا وعند درجة حرارة أعلا من ٤٦م فـإن التكاثـر يـتوقف. فـى نظـم الإمداد بالمياه يكون من المهم ضمان عدم دفئ المواسير أو الخـزانات الحاملـة للمـياه الـباردة بواسـطة الخـدمات المحـيطة إلى ٢٠م أو أعـلا. مـن

المناسب عزل مواسير المياه الباردة بحيث أن يكون تدفق المياه الباردة لا يتم تدفئته إلى درجة الحرارة الغير مقبولة. إنه من المفيد أن يظل الماء فى حالة عدم ثبات، حيث التدفق المناسب يقلل من ارتفاع درجة الحرارة ويؤكد ضمان تأثير التطهير بالكلور فى شبكة المواسير واستمراره. الخزانات يجب ألا تزيد سعتها عن ٢٤ ساعة تدفق، ويجب تغطيتها مع سهولة نظافتها. نظم المياه الساخنة يتم تصميمها وتشغيلها لتأكيد أن كل مقاطع الماسورة تستقبل مياه بانتظام ذات درجة حرارة أعلا من ٤٦م، وان يتم تصميم تجهيزات إنتاج الطاقة الحرارية وتشغيلها لضمان عدم وجود مساحة فاترة عند مستوى منخفض. أبراج التبريد من الواضح أنها تمثل خطر أكبر، لذلك فإنه يلزم إقامتها بعيدا عن المساكن ما أمكن وتحت التيار للريح السائد. كما يجب أن يشمل التصميم أبعاد الاندفاع وذلك لخفض هروب الضباب. يتم إدارة ورصد برنامج جيد للنظافة والتطهير والاختيار مع الإدارة الجيدة طبقا لعمليات الاختبار الحديثة. عن ادعاءات عدم السلامة الصحية قد تكون بسبب عدم الصيانة المناسبة.

الإضاءة: (**LIGHTING**):

الإضاءة الجيدة ضرورية لكل المبانى. حتى أن النباتات تصبح باهتة ومعرضة للموت فى حالة حرمانها من الإضاءة. بالغريزة النباتات تتوجه نحو الضوء وبنفس الحال يكون الإنسان.

١ - الهدف من الإضاءة الجيدة:

الأهداف الثلاث الرئيسية لأى نظام إضاءة جيد هى توفير الإضاءة الكافية لتحقق الآتى:

أ — القدرة على أداء الأعمال البصرية والأنشطة الأخرى فى المبنى.

ب — توفير الاستخدام الآمن للمداخل وللمرات، .. الخ.

جـ – خلق بيئة جيدة والإحساس بالحياة السعيدة للسكان.

٢ - الاعتبارات لنظام الإضاءة الجيد:

الإضاءة الجيدة يجب أن توفر الراحة. لعيون الناظر. الاعتبارات الأساسية التى يمكن أن تكون الأساس فى اختيار القواعد والتصميمات للإضاءة الجيدة يمكن توضيحها كالآتى:

أ — السهولة والتأكيد الذى به يمكن لعين أن ترى الغرض (العمل البصرى)، يتوقف علـى حالـة العـين للشخص، حالة الإضاءة، الإضاءة المحيطة وطبيعة (اللون والتشطيب للأسطح) الغرض.

ب — العـين يمكـن أن تـؤقلم نفسها على حالات مختلفة كثيرا لظروف الإضاءة. قيم الإضـاءة الشديدة تستوعبها العين خلال التغير فى حجم إنسان العين (**PUPIL**). ولكن مع التغير المفاجئ فى حالات الإضاءة، فإن إنسان العين قد يستغرق وقتا ليتأقلم.

جـ – قـدرة العـين علـى التأقلم تقل مع الكبر كذلك فإن المطالب الحالية نحو تركيز الإبـصار للتفاصـيل الـصغيرة، لفـترات طـويلة وعـند مجـال قـصير، تؤثر على العين وقد تـسبب إجهـاد بـصرى. مـستويات الإضاءة للأعمال البصرية للشخص العادى موصفة فى الأكواد الدولية.

د — الأغـراض ومـا يحـيط بهـا لهـا تأثير على كفاءة الرؤية. الأغراض نمتص وكذلك تعكس الضوء. مستويات الإضاءة للمساحة المحيطة تدفع بالغرض نحو التباين.

الاعتـبار الهـام للـوهج أو المقارنـة يجـب أن يعطـى اعتـبارات واجـبة. بالنسبة لعمل بـصرى معـين، رغـم إمكـان الحصول على مستوى الإضاءة المقرر، فإنه ليس بالضرورة أن يوفر الراحة للعين، بسبب الوهج أو زيادة التباين بين الغرض وما يحيط به.

مصادر الإضاءة:

يـوجد أساسـاً مـصدرين للإضـاءة الداخلـية للمبانـى. وهمـا ضوء النهار (من الشمس) والإضاءة الصناعية.

أ — ضوء النهار:

مـصدر ضـوء الـنهار هـو الشمس. الضوء القادم من الشمس يتكون من جزئين، الإضاءة الشمـسية المباشـرة، الإشـعاعات الـسماوية. لأغـراض التـصميم للإضـاءة اليومية، فإنه لا يـؤخذ فى الاعتبار الإضاءة الشمسية المباشرة، بسبب ما تسببه من عدم الارتياح فى شكل حـرارة ووهـج، حـيث يـؤخذ فـى الاعتـبار الإشعاع السماوى فقط الذى يعتمد على وضع الـشمس، الـذى يعـرف بارتفاعهـا (والـذى يـتغير طـبقا لارتفـاع المكـان، اليوم من العام والوقت من اليوم) وذلك للإضاءة الداخلية للمبانى أثناء النهار.

ب - الإضاءة الصناعية:

الإضـاءة الـصناعية يمكـن أن تـصبح ضرورية، فى كل من النهار والليل، طبقا لطبيعة الـسكان وحجـم المبنـى الفصول المناخية، الأعمال البصرية.. الخ. نظام الإضاءة الصناعية

العادى يشمل مختلف أنواع المصابيح مثل مصباح التنجستن ومصابيح الشعيرات، مصابيح الفلورسنت الأنبوبية، المصابيح الزئبقية عالية الضغط، ومصابيح الصوديوم عالية ومنخفضة الضغط. مهمات الإضاءة هذه ليس لها دائما نفس اتجاه الإضاءة حيث قد تنشر الضوء إلى أعلا أو إلى أسفل أو فى الاتجاه المطلوب.

الإضاءة الطبيعية:

فى قانون إنشاءات المبانى وطبقا لكود المبانى فى لندن قد أوصى بأن تكون مساحة الفتحات (الشبابيك) للحجرات السكنية لها مواصفات نسبية أو العلاقة مع مساحة الأرض. الإضاءة الطبيعية للحجرات لا تعتمد فقط على مساحات الشبابيك، ولكنها تعتمد كذلك على مساحة المبنى وكذلك مثل حجرات معينة داخله، المساحات المفتوحة والإعاقات المحيطة بالمبنى وارتفاع الشبابيك.

بالنسبة لتوجيه المنازل، فإنه يجب أن تقام بما يمكن من الحصول على أقصى ضوء من الشمس. الوضع المثالى هو ذلك حيث كل الأجناب تكون معرضة لشمس لبعض الوقت من اليوم. حجرات الإعاشة يجب أن تستقبل كمية جيدة من ضوء الشمس، بينما أماكن حفظ اللحوم وغيرها من الأطعمة يجب أن توضع فى الأجناب الباردة أو الظليلة.

الجدول التالى يوضح التوجيه المناسب لمختلف الحجرات فى مبنى سكن:

م	نوع الغرفة	التوجيه
١	حجرة الصباح والإفطار	الشرق إلى الجنوب الشرقى
٢	حجرة الإعاشة	الشرق إلى الغرب
٣	حجرات النوم	الشرق إلى الجنوب الشرقى
٤	المطابخ	الشمال إلى الشرق
٥	حجرات الخزين، حفظ الأطعمة ودورات المياه ومنتجات الألبان.	الشمال.

الارتفاع الذى إليه تشرق الشمس، يعتبر كذلك عاملا هاما فى حجرات الإضاءة الشمسية. على الأقل يكون حائط واحد من الحجرة مفتوحا نحو السماء مع توفير الشبابيك الكافية للضوء الطبيعى المباشر. الحجرات المواجهة للغرب يجب أن تكون مقفلة ولا نافذة فيها وذلك لحجز خطورة شمس بعد الظهيرة.

مساحة الشباك الزجاجى الموصى بها فى غرفة العمل هى عادة من ١٥ – ٢٠٪ من مساحة الأرضية والحجرات الكبيرة مثل الصالات، صالات الاجتماع .. الخ قد تتطلب

أن تكـون الـشبابيك على كلا الجانبين. عندما تكون السماء تعيقها المبانى المجاورة، فإن الـزجاج المنـشورى فـى الشبابيك (**PRISMATIC GLASS**) يساعد إلى حد كبير فى تحـسين الإضـاءة الطبيعـية وذلـك بـتوزيع أشـعة الـضوء إلى الأجـزاء الداخلـية للحجرة. بالنسبة للإضاءة النهارية فإن الشبابيك يجب أن يتم تصميمها لتحقيق الآتى:

(١) تـوفير ضـوء طبيعـى كـثيرا مـا أمكـن علـى مستوى العمل لتلبية احتياجات العمل البصرى.

(٢) توفير الإضاءة العامة للتحرك العادى فى المبنى.

(٣) تجنب الوهج والذى يسبب عدم الارتياح البصرى.

(٤) خفض التباين على وحول الشبابيك.

نظم الإضاءة الصناعية:

يـوجد أربعـة نظـم للإضـاءة الـصناعية وهـى المباشـرة، شـبة المباشـرة، والـشبه غـير المباشرة، الغير مباشرة.

(١) النظام المباشر:

فـى هـذا الـنظام ٩٠ — ١٠٠٪ مـن الضوء الصناعى يتم توجيهه بزوايا أسفل الأفقى، موجه مباشرة نحو مساحة الشغل.

(٢) النظام الشبه مباشر:

النظام الشبة مباشر يوجه ٦٠ — ٩٠٪ من خرج الضوء إلى أسفل نحو الشغل.

(٣) النظام شبه الغير مباشر:

٦٠ — ٩٠٪ مـن الـضوء يـتم توجـيهه نحـو الـسقف والحـوائط العلـيا، بينما الزجاج الكثـيف الـذى يقـوم بالانتـشار والتـشتت يـسمح لـبعض الـضوء بالمرور خلاله، إلى أسفل مباشرة.

(٤) النظام الغير مباشر:

فـى هـذا النظام يتم توجيه من ٩٠ — ١٠٠٪ من الضوء نحو السقف والحوائط العليا، والـذى مـنها يـنعكس إلى كـل أجـزاء الغـرفة. نظـرا لأن الـسقف يكـون عندئذ هو مصدر الـضوء، فإنـه يجـب الحـذر نحـو عـدم كـونه مـصدرا للـوهج. يجـب العناية بتشطيبات الغرف. فهى يجب أن تكون فاتحة اللون ما أمكن مع المحافظة عليها فى حالة جيدة.

القيم الموصى بها للإضاءة:

مستويات الإضاءة الموصى بها لعمل بصرى معين، فى مختلف الأماكن المشغولة موضحة فى الجدول التالى. هذه القيم يمكن زيادتها وذلك عند الحاجة إلى مستوى كفاءة للإضاءة البصرية.

م	الإشغالات	مستويات الإضاءة (لوكس)
١	سكنية	
	أ — عام	١٠٠ — ٢٠٠
	ب — حياكة	٧٠٠
	ج — القراءة والعمل المنزلى	٣٠٠
٢	الفنادق	
	أ — عام	١٠٠ — ٢٠٠
	ب — الاستقبال	٣٠٠
٣	التعليمية	
	غرف الدراسة	٢٠٠ — ٣٠٠
	المعامل	٣٠٠
	المكتبة	٣٠٠
	الاجتماعات	١٥٠
٤	المكاتب	
	مساحة المكتب العامة	٣٠٠
	غرفة المؤتمرات	٣٠٠
	مكتب الرسم	٣٠٠ — ٤٥٠
٥	الصناعية	
	المساحة العامة للمصنع	١٠٠ — ١٥٠
	صناعة الأحذية	١٠٠٠
	الصناعات الكيمائية	١٥٠
	ماكينات النسيج	١٥٠ — ٧٠٠
	أشغال المسطحات المعدنية	٢٠٠

الفصل الثالث

المناخ والغلاف الجوى

CLIMATE AND ATMOSPHERE

التحليل النهائى لكل شئ موجود حول أي شخص يسمى البيئة. كل العالم ومواده يمكن تقسيمه إلى مجموعات غير حيه (**ABIOTIC**) ومجموعات حية (**BIOTIC**). لذلك فإن البيئة هى مجموع كل الحالات الحية والغير حية ذات التأثير على استجابة كائن معين (**KENDEIG, 1974**) . البيئة الغير حية يمكن كذلك تقسيمها إلى الغلاف الجوى (**ATMOSPHERE**) واليابسة (**LITHOSPHERE**) والمحيط المائى أو غلاف الأرض المائى (**HYDROSPHERE**) بينما البيئة الحية تسمى المحيط الحيوى (**BIOSPHERE**).

الغلاف الغازى المعلق فى الكوكب بفعل جاذبية الأرض يسمى الغلاف الجوى. إجمالى كتلة الغلاف الجوى هى ٥,٧ x ١٠ ^١٥^ طن من الهواء. وهى تمتزج عند حوالى ١٠٠٠ كيلو متر من سطح الأرض. الغلاف الجوى هو مستودع للعديد من العناصر التى تساعد على الحياة والتى لها العديد من الوظائف مثل ترشيح طاقة الإشعاع من الشمس، عزل الحرارة لضبط الفقد من سطح الأرض وتثبيت الظروف المناخية. العديد من الدورات الكيمائية الحيوية (**BIOCHEMICAL**) تعمل ما بين الكائن الحى والغلاف الجوى. على أساس البناء الكيمائى الطبيعى (**PHYSIOCHEMICAL**) ، فإن الغلاف الجوى يمكن أن تتم دراسته كالآتى:

أصل الغلاف الجوى (**ORIGNOF THE ATMOSPHERE**):

أصل الغلاف الجوى مرتبط بأصل الأرض نفسها. تكونت الأرض بفعل تعاظم المواد الصلبة التى تكثفت. من السديم (الغيوم) الشمسى (**SOLAR NEBULA**). الغلاف الشمسى فى ذلك الوقت كان مختلفا كلية عن الغلاف الجوى الحالى. لذلك فإن تطور الغلاف الجوى تتم دراسة فى ثلاث مراحل لمعرفة كيف جاءت الأرض إلى الوجود. فى المرحلة الأولى، الأرض بفعل قوة جاذبيتها جذبت المكونات الغازية من الغبار الكونى (**COSMIC DUST**)، أى الهيدروجين، الميثان والأمونيا وبخار الماء والغازات

الثميـنة. لم يكـن هـناك أكـسجين فـى تلـك المـرحلة وكـان الجـو مختـزل أو الجو الغنى بالهيدروجين. واستمرت منذ حوالى ٣,٥ × ١٠ ^٩ سنة تقريبا.

المـرحلة الثابـتة لـتطور الغـلاف الجـوى اسـتمرت مـنذ حـوالى ٢ × ١٠ ^٩ عام تقريبا. حـدثت إنـبعاثات بـركانية أثـناء تلـك الفترة. تحركت كميات ضخمة من المواد البركانية المـشبعة بالغـازات المـذاب نحـو سـطح الأرض. وقد مرت فوق الحديد الموجود فى غلاف اللـب الأرضـى (**MANTLE**). الغـازات مـثل النـيتروجين، الهـيدروجين، كـبريتد الهـيدروجين، أول أكـسيد الكـربون وبخـار المـاء وجـدت فـى حالة اختزال. فى المراحل التالـية عند انصهار الحديد ودفع نحو اللب (**CORE**)، بثقت غازات التى لم تمر فوق الحديـد وبذا وحدت فى الحالة المؤكسدة. أى أكسجين حر الذى هرب من داخل الأرض اتحـدت مـع الهـيدروجين، المتبقى من الميثان والأمونيا. فى المرحلة الثانية لم يكن هناك أكسجين حر فى الغلاف الجوى.

فـى الغـلاف الجـوى الـثالث والحـالى، بدأ إنتاج الأكسجين يزيد عن معدل استهلاك الأكـسجين. سـاهمت ظاهرتين جويتين فى إدخال الأكسجين. أولا، كان التحلل الضوئى الكيمائـى لجـزيئات المـاء. تمـتص جـزيئات المـاء الأشـعة فـوق البنفـسجية وتنقـسم إلى الهـيدروجين والأكـسجين. الجـزء الكبير من الأكسجين تم إضافته بالتمثيل الضوئى. هذه العملـية بـدأت بعـد مجـئ الحـياة علـى الأرض، رغـم أن الأكسجين بدأ فى التراكم فى الغـلاف الجـوى مـنذ حـوالى ٢ × ١٠ ^٩ سـنة تقريبا، وكان تجميعه بطيئا. ولكن الارتفاع الحـاد فى مستوى الأكسجين بدأ منذ ٠,٦ × ١٠ ^٩ سنة تقريبا. فقد ظهرت أول الكائنات البحـرية عديـدة الخلايـا أثناء تلك الفترة. فقد استهلكت النباتات المغمورة أو المعلقة التى تعـيش مغمـورة فـى المـاء لا طافـية ولا راسية (**PHOTOPLANKTON**) وطفت على المـاء. مـع نقـص تلـك النوعـية مـن النـباتات فـإن عـدد الـبكتريا عـضوية الـتغذية (**HETEROTOPHIC**) قد انخفض وقد أدى ذلك إلى زيادة الأكسجين فى الجو.

البناء الرأسى للغلاف الجوى:

VERTICAL STRUCTURE OF THE ATMOSPHERE:

البـناء الرأسـى المكـون مـن عـدة طـبقات جـوية المحددة أساسا بالظاهرة التى تحدث هـناك، والتـى تنفـصل عـن بعضها بالتغير فى ميل الخط البيانى لدرجة الحرارة بالنسبة للارتفـاع. فـى المـستوى الـسفلى حـيث الطبقة السفلى من الغلاف الجوى – التروبوسفير

الطبقة السفلى للغلاف الجوى (التروبوسفير) :

الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى تعمل فيها الكائنات الحية، هى منطقة ذات تحركات قوية للهواء وتكوين السحب وتتصف بالخفض الثابت فى درجة الحرارة. وهى كانت خليط من الغازات التى استمرت فى الوفرة. ولكن، حدث بخار الماء والغبار فى التروبوسفير بتركيزات شديدة التغير تكون هواء التروبوسفير . موضح فى الجدول الآتى :

جدول يوضح مكونات هواء التروبوسفير

المكونات	النسبة المئوية	المكونات	النسبة المئوية
نيتروجين	٧٨,٠٨٤	ميثان*	٠,٠٠٠٢
أكسجين	٢٠,٩٤٧	كربتون	٠,٠٠٠١١٤
أرجون	٠,٩٣٤	أكسيد النيتروز	٠,٠٠٠٠٥
ثانى أكسيد الكربون*	٠,٠٣١٤	هيدروجين	٠,٠٠٠٠٥
نيون	٠,٠٠١٨١٨	إكزيتون	٠,٠٠٠٠٠٨٧
هيليوم	٠,٠٠٠٥٢٤	أوزون*	٠,٠٠٠٠٠١

*** نسبة تلك الغازات ليست ثابتة بل كثيرة التغير.**

الاستراتوسفير : (**STRATOSPHERE**) :

الاستراتوسفير هو كتلة الهواء الممتدة من المستوى العلوى للتروبوسفير إلى أعلا مستوى للإستراتوسفير أى حوالى ٥٠ كيلو متر فوق سطح الأرض. الأوزون الموجود هناك يكون طبقة الأوزون والتى تسمى الغلاف الأوزونى (**OZONOSPHERE**) . وهى تتكون من الأكسجين خلال التفاعل الضوئى الكيميائى (**PHOTO CHEMICAL**) حيث ينقسم جزئ الأكسجين مكونا الأكسجين الذرى.

$$O_2 + (h = \text{إشعاع}) = 2O$$

الأكسجين الذرى يتحد مع الأكسجين الجزيئى (**MOLECULAR**) ويتكون الأوزون.

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

رغم أن تلك التفاعلات هى تفاعلات عكسية فى الطبيعة، ولكن تظل نسبة الأوزون ثابتة.

الأوزون يكون مظلة تسمى مظلة الأوزون التى تمتص الأشعة فوق البنفسجية من الشمس. هذا بالإضافة فإنها تعمل كغطاء فى خفض معدل برودة الأرض. لذلك، فإن الاتزان بين الأوزون وباقى الهواء هو عامل شديد الأهمية للبيئة.

الغلاف الجوى المتوسط :(MESOSPHERE):

يوجد الغلاف الجوى المتوسط (الميزوسفير) فوق طبقة الاستراتوسفير وهو يتصف بدرجة الحرارة الباردة وانخفاض الضغط الجوى. تنخفض درجة الحرارة لتصل عند أدناها – ٩٥م وعند ٨٠ – ٩٠ كيلو متر فوق سطح الأرض. الأوزون يسمى الميزويوز (**MESOPAUSE**) أى هامة الميزوسفير.

الغلاف الجوى الحرارى: (THER MOSPHERE):

أعلا الميزوسفير (الغلاف الجوى المتوسط) يوجد الغلاف الجوى الحرارى الثيرموسفير ممتدا حتى ٥٠٠ كيلو متر فوق سطح الأرض. وهو يتصف بزيادة درجة الحرارة من الغلاف الجوى المتوسط. المنطقة العليا فوق الثيروموسفير حيث يحدث التأين لجزيئات الأكسجين تسمى الغلاف الجوى المتأين (**IONOSPHERE**).

الغلاف الجوى الخارجى: EXOSPHERE):

المنطقة الجوية فوق الغلاف الجوى المتأين (الايونوسفير) تسمى الغلاف الجوى الخارجى (إكسوسفير) للفضاء الخارجى والذى يفتقر إلى الهواء الجوى باستثناء ذلك للهيدروجين والهيليوم ويمتد حتى ٣٢١٩٠ كيلو متر من سطح الأرض. له درجة حرارة مرتفعة جدا بسبب إشعاعات الشمس.

المغزى والدلالة الإيكولوجية للهواء:

الإيكولوجي هو دراسة علاقة الكائنات الحية بالبيئة. وفى دراسة مغزى هذه العلاقة بالهواء فإن الهواء هو الخليط الغازى للتروبوسفير الذى يحتوى على الأكسجين، النيتروجين وثانى أكسيد الكربون كل تلك الغاز تدور فى الطبيعة خلال دورات حيوية أرضية كيمائية (**BIOGEOCHEMICAL CYCLES**). معظم الكائنات الحية تستفيد من تلك الغازات ليس فقط لتوليد طاقة كيمائية من الغذاء أثناء التنفس، ولكن بطرق مختلفة، مثال النبات يستخدم **CO2** للتمثيل الضوئى ويستخدم النيتروجين بواسطة بكتريا تثبيت النيتروجين لجذور بعض النباتات عدم الاتزان فى خليط تلك الغاز سوف يؤثر على العمليات التى تساهم فى انخفاض تهوية التربة بما يسبب عدد من

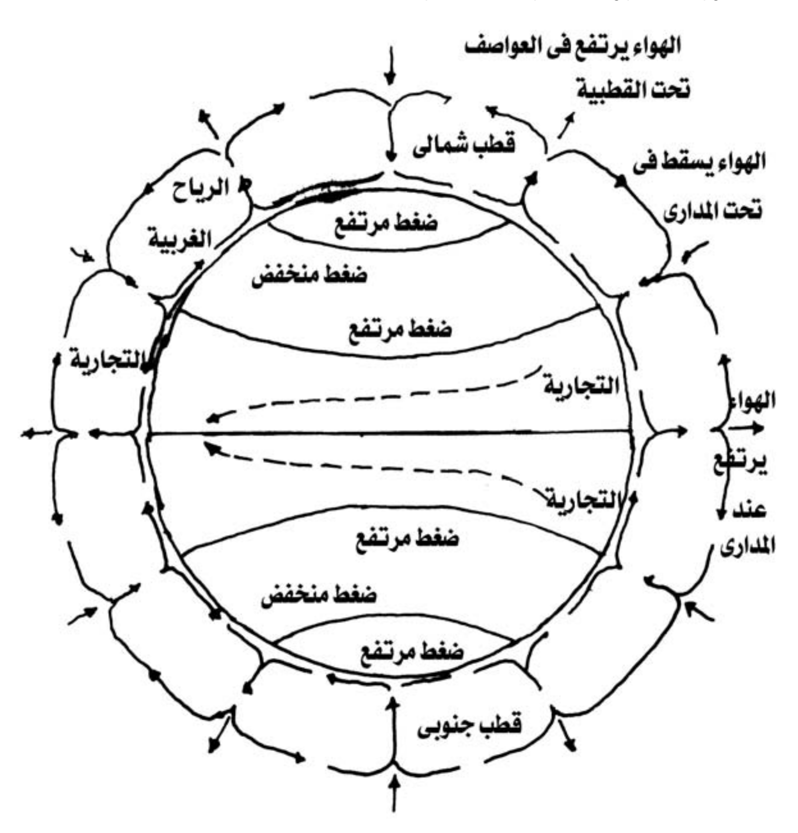
التأثيرات الشكلية والوظائفية على النبات (**MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLGICAL**). زيادة **CO_2** فى التربة والهواء يمكن أن ينتج عنه إنتاج سموم نباتية أو حيوانية (**TOXINS**) والتى تكون قاتلة لكائنات التربة وللنباتات. التأثيرات الممرضة للهواء الفاسد أو تلوث الهواء على الكائنات الحية يشكل موضوع منفصل وهو إيكولوجية تلوث الهواء.

التحرك الأفقى للجو (الرياح) :

HORIZONTAL MOTION OF ANTMOSPHERE "WIND"

التحرك الأفقى للهواء والذى نصفه بالرياح هو الحال المألوف للهواء وله أهمية كبيرة فى تلوث الهواء.

حركة الهواء عند أى نقطة هى نتيجة مركبة لتحركات كبيرة ذات أحجام مختلفة تتراوح من الدوران الكروى إلى رداءة الغبار شكل (٢).



شكل ٢ الحركة الأفقية والدورانات

ولقد صنفها علماء الأرصاد الجوية (METEOROLOGISTS) إلى المجموعات الآتية :

الدورانات الكوكبية (PLANETARY CIRCULATION)

وهذه أضخم تحركات على مسافات المستوى الكوكبى. وتلك تكون بسبب عدم اتزان مقياس درجة الحرارة الكوكبية بصفة مستمرة. إطار الرياح هذه ساهمت فى المناخ الساحلى الرائع فى كاليفورنيا وأسبانيا ولكنه كذلك كان السبب فى الصحراء الداخلية لشمال أفريقيا والجنوب الغربى للولايات المتحدة. الحركة الدورانية تتراوح فى حجمها ما بين ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ كيلو متر.

التحركات الشاملة الإجمالية : (SYNOPTIC MOTIONS)

وهى أصغر من التحركات الكوكبية وتتراوح ما بين ١٠٠ إلى ١٠٠٠ كيلو متر. تلك الكتل الهوائية المتحركة عادة يتم تعريفها وتوصيفها أنها نظام الضغط المنخفض المعروف بالإعصار الحلزونى (CYCLONE) أو نظام الضغط المرتفع المعروف بالإعصار المضاد أو المرتفع الجوى (ANTICYCLONE). وهذه يكون سببها عدم توازن درجة الحرارة الكونية وتستمر لعدة أيام.

التحركات ذات المقياس المتوسط المعتدل : (MESO SCALE MOTIONS)

وهذه تقريبا فى ضخامة مساحة مدننا ولكن تدفع كذلك بعدم إتزان درجات الحرارة. ونتعرف عليها وتمييزها كنسيم أرض البحر، ونسيم وديان الجبال والعواصف الرعدية.

التحركات ذات المقياس الصغير والجزيئية : (MICRO SCALE AND MOLECULAR MOTIONS)

التحركات صغيرة المقدار تشمل الغبار الردئ الدوامات المضطربة ذات المقدار الصغير والتى يكون سببها خشونة السطح، المبانى والأشجار. وتلك هى العوامل الرئيسية فى خلط ملوثات الهواء. الحركة تتراوح ما بين اسم إلى ١ كيلو متر.

التحركات الجزيئية هى الأصغر مثل الموجات الصوتية والتحركات الجزيئية الطبيعية فى الغاز. وتلك ليس لها دور واضح فى تلوث الهواء .

جدول توضيح لمقياس الحركة فى الغلاف الجوى

نوع الحركة	الأبعاد الأفقية	الوصف
كوكبية	١٠٠٠ — ١٠٠٠٠ كيلو متر	نماذج ادوران الكوكبى الأولى يسبب عدم إتزان مقياس درجة الحرارة الكوكبية وهذه تقريبا مستمرة.
الشاملة	١٠٠ — ١٠٠٠ كيلو متر	تحركات الأعاصير الحلزونية والأعاصير المضادة فى الارتفاع المتوسط كذلك يسبب عدم توازن درجة الحرارة الكوكبية وهذه تستمر لعده أيام وأحيانا أسابيع.
الصغيرة	١ سم — ١ كيلو متر	وهى دوامات مضطربة صغيرة يسبب خشونة السطح المبانى والأشجار والتأثيرات الأصغر . كل دوامة تستمر عدة دقائق قليلة فى معظم هذه هى العوامل الرئيسية فى خلط الملوثات.
الجزيئية	١٠ — ٦ سم	الموجات الصوتية، والتحركات الطبيعية للجزئيات فى الغاز.

التحركات الرأسية : (**VERTICAL MOVEMENTS**)

المسافات الرأسية أصغر كثيرا عن المسافات الأفقية. وهى أقل سرعة، وأكثر عشوائية واستمرارها لفترة زمنية قصيرة جداً. التحركات الرأسية للرياح تحدد عمق الغلاف الجوى المتاح لنشر التلوث. حيث أن الجاذبية ثابتة، فإن عدم الاتزان فى درجة الحرارة هو الذى يسبب التحركات الرأسية.

الرياح التجارية : (**THE TRADE WINDS**)

الرياح التى تهب من المناطق ذات الضغط المرتفع الشبه استوائية (**SUBTROPICAL**) (**300 N AND S**) نحو حزام الضغط المنخفض الاستوائي (**EQUTORIAL**) هذه رياح شديدة الثبات والتى تعرف بالرياح التجارية. والتجارية لا يعنى بها معنى هذه الكلمة فى مجال التنمية والتجارة ولكن يعنى بها تهب فى نفس الاتجاه وبانتظام. هذه الرياح تهب من الشمال إلى الجنوب فى شمال نصف الكرة الأرضية ومن الجنوب إلى الشمال فى جنوب نصف الكرة الأرضية. ولكن تأثير كوريوليس

(CORIOLIS EFFECT) (المسبب لدوران الأرض) وقانون (FERREL"S LAW) يـشرح كيف أن تلك الرياح تنحرف نحو اليمين فى نصف الكره الشمالى ونحو اليسار فى نـصف الكـرة الجنوبـى. لذلك، فهى تتدفق مثل التجارة من الشمال إلى الشرق فى نصف الكرة الشمالى والتجارة من الجنوب إلى الشرق فى نصف الكره الجنوبى.

الرياح التجارية لها خواص متغايرة فى مختلف الأجزاء. فى المناطق التى نشأت منها فهـى تكـون هابطـة وثابتة. يكون عندئذ جزء المواجهة القطبى جافا. مع وصولها إلى خط الاسـتواء (EQUATOR)، فإنها تصبح رطبه وأكثر دفئا بعد التقاط الرطوبة فى طريقها. فتـصبح غير مستقرة وتنتج سقوط المطر. قريبا من خط الاستواء كلا التجاريين يتصادما مع بعـضهما الـبعض وعلـى خـط الالتقاء فإنهما يرتفعا ويسببا سقوط الأمطار الغزيرة. الأجزاء الـشرقية مـن الـرياح الـتجارية التـى تـصاحبها تـيارات المحيط الباردة تكون أكثر جفافا وأكثر ثباتا عن الأجزاء الغربية من المحيط.

الرياح الغربية (أو العكسية) : (WEST ERLIES):

الـرياح التـى تهـب من حزام الضغط العالى تحت المدارى نحو أحزمة الضغط المنخفض تحـت القطبـى (SUBPOLAR) تعـرف بالـرياح الغـربية أو العكـسية. فهـى تهب من الجنوب الغربى إلى الشمال الشرقى.

فـى نـصف الكـرة الـشمالى ومـن الـشمال الغربـى إلى الجنوب الشرقى فى نصف الكرة الشرقى.

فـى نـصف الكـرة الأرضـية الـشمالى ضـخامة الأراضى الفسيحة مع تضاريس الأراضى الغـير منتظمة وتغيرات الأنماط والسلوكيات الموسمية للضغط تعمل على إعاقة التدفق العام للهـواء القـادم مـن الغرب. الرياح القادمة من الغرب لنصف الكرة الأرضية الجنوبى أقوى وأكثـر اسـتقرار فـى الاتجـاه عن تلك لنصف الكرة الأرضية الشمالى بسبب الاتساع الكبير لمـساحة المـياه. الـرياح القادمـة مـن الغـرب تكـون أفـضل تنمـية لهـا بين خطوط العرض ٤٠ – ٦٥ البعـيدة عن خط الاستواء (45^o AND 65^oS). خطوط العرض هذه عادة تـسمى هديـر الأربعينـيات (ROARING FORTIES)، أو الخمـسينيات الـشديدة الغاضـبة (FOROUS FIFTIES)، ستينيات الانكماش والتى تعتبر مصطلحات الفزع والرعب للملاحة البحرية.

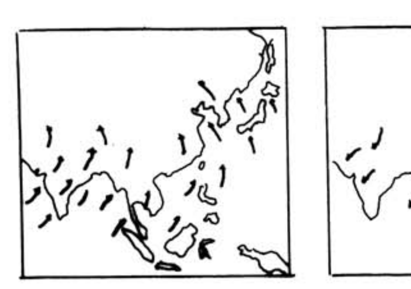
الإعاقة القطبية للرياح القادمة من الغرب شديدة التغير. توجد تغييرات كثيرة موسمية ولمدة قصيرة. تلك الرياح تنتج نوبات وتغيرات فى المناخ.

الرياح الدورية : (PERIODIC WINDS) :

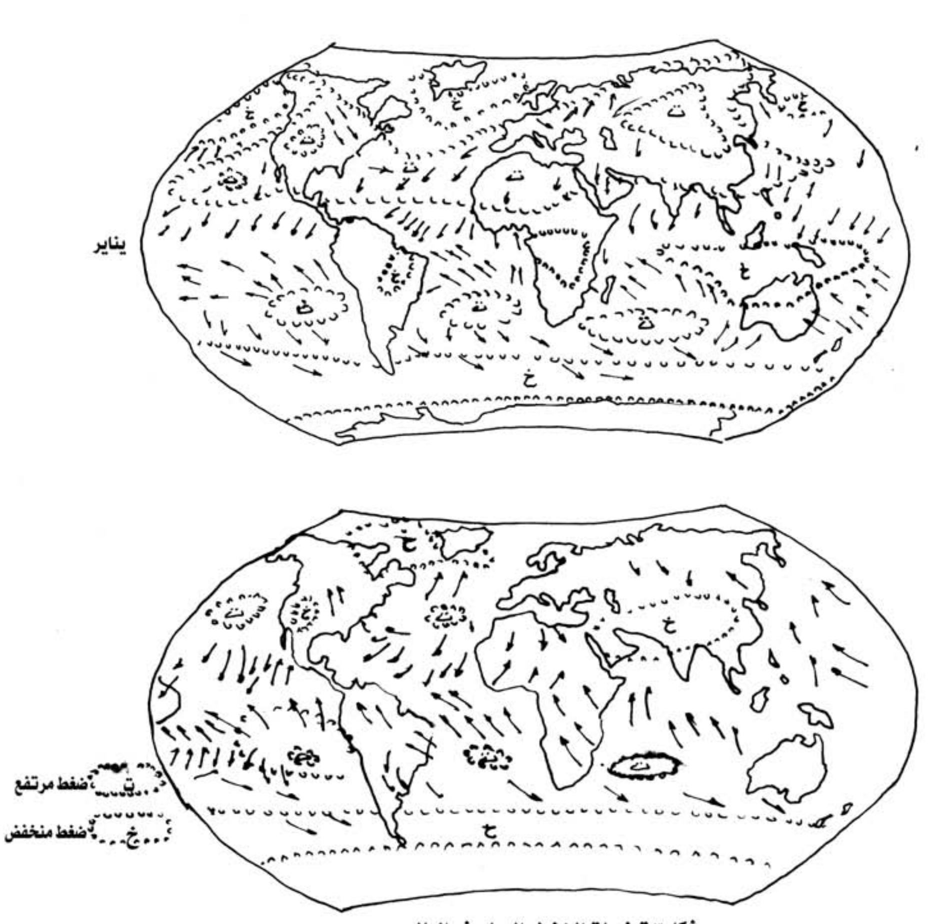
هـذه الـرياح تغـير اتجاهها بانـتظام مـع الـتغيرات الموسمـية. الـرياح الموسمـية (**MONSOONS**) هـى أفـضل مـثال للـتعديل والتكيف على مستوى ضخم لنظام الريح الكوكبـى. تحت هذا التصنيف يقع كذلك نسيم الرياح (**BREEZE**) فى الأرض، البحر والجبال والوديان .

الرياح الموسمية : (MONSOON WINDS)

لقـد اشـتقت كلمـة (**MONSOOM**) مـن الكلمـة العـربية "موسـم" " **MAUSIM**" والتـى تعنـى الفصل من السنة. الرياح الموسمية تعنى نظم الرياح ذات اتجاه معاكس كبير موسمى شكل (٣).



الرياح الموسمية فى جنوب شرق آسيا



شكل ٣ توزيعات الضغط والرياح فى العالم

تقليديا تم شرح الرياح الموسمية بأنها نسائم الأرض على مقياس كبير. لذلك، فقد اعتبرت دوران تقليدى على مستوى كبير. ولكن هذا الشرح لم يوفر الأساس المناسب لتفهم عمل هذا النظام. من بين النظريات عن أصل الرياح الموسمية. كان ذلك الاقتراح بواسطة (**FOHN**) الذى لقى القبول. لذلك الرياح الموسمية هى تعديل وتكيف موسمى لنظام الريح العام الكوكبى. النظام السائد للرياح الموسمية الآسيوية هو نتيجة التفاعل لكل من العوامل الكوكبية والمحلية، كلاهما عند السطح وفى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى (**TROPOSPHERE**).

أثناء فصل الصيف حزام الضغط المرتفع المجاور للمدارى الاستوائى (**SUBTROPICAL**) وخط الاستواء الحرارى (**THERMAL EQUATOR**) يتم إزاحتها نحو الشمال نتيجة لإطار تغير التسخين الشمسى للأرض. فى جنوب آسيا هذه التحركات يتم تطويرها بتأثيرات المساحات الأرضية الضخمة. الرياح الاستوائية القادمة من الغرب (**EQUTORIAL WESTERLIES**) المندمجة فى الرياح المدارية القادمة من الشرق (**TROPICAL EASTERLIES**) تتحرك كذلك نحو الشمال. تتحرك من المحيط نحو المساحات الأرضية وتنطلق فوق القارة الآسيوية. وتلك هى الرياح الموسمية الجنوبية — الغربية الصيفية.

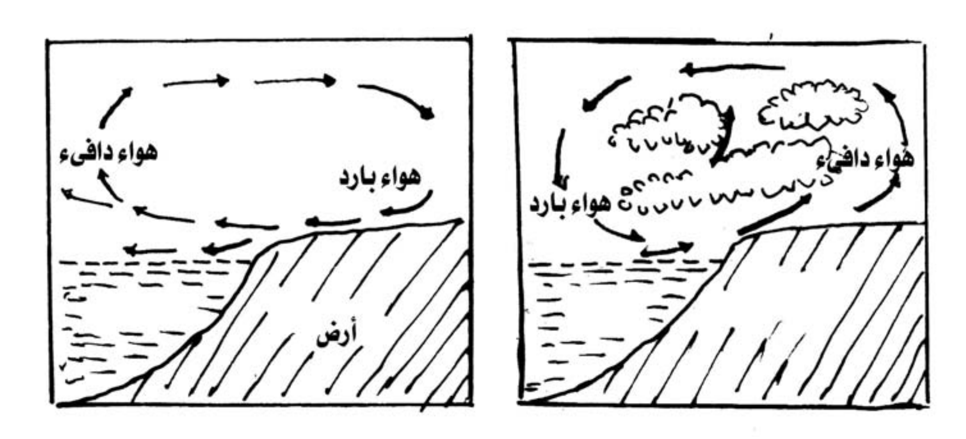
أثناء فصل الصيف حزاء الضغط العالى المجاور للمدارى وخط الاستواء الحرارى يتقهقرا نحو الاتجاه الجنوبى والرياح التجارية العادية يتم إعادة تثبيتها وترسيخها. وهذه هى الرياح الموسمية الشتوية.

الرياح الموسمية تهب فوق الهند، باكستان، بنجلاديش، بورما، سيرى لانكا، البحر العربى، خليج البنغال، جنوب شرق آسيا، شمال أستراليا، الصين، اليابان.

تتصف الرياح الموسمية الصيفية بالمناخ شديد التغير مع حدوث حالات من الجفاف وغزارة الأمطار من آن إلى آخر. الرياح الموسمية الشتوية هى تيار لطيف من الهواء حيث الرياح عموما تهب من الشمال الشرقى. الرياح الموسمية المتقهقرة تسب سقوط أمطار متقطع خاصة فى الجزء الشمالى الشرقى والمناطق الساحلية للهند. فى دول شرق آسيا مثل الصين واليابان تكون الرياح الموسمية الشتوية أقوى من الرياح الموسمية الصيفية. على طول الساحل تتصادم كتل الهواء القارية الباردة والهواء الرطب الدافئ المحيطى لانتاج أمطار ثقيلة إعصارية (**CYCLONIC**).

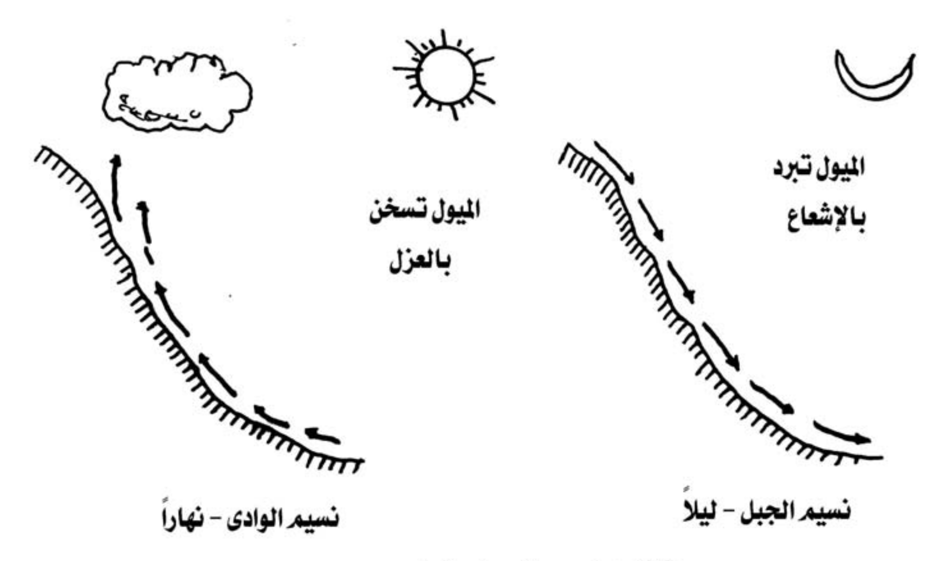
نسيم البر والبحر: (LAND AND SEA BREEZES) :

نـسائم الـبر والبحـر هى شريط ضيق فقط على طول الشاطئ. أثناء النهار تكون الأرض أكثـر سـخونة مقارنـة بمـياه البحر المجاورة بما يكسبها انخفاض فى ضغط الهواء. لكون البحـر بـاردا فإنه يكتسب ضغط مرتفع نسبيا. الهواء الدافئ للأرض نظرا لأنه أخف وزنا فإنه يهبط ويحل محله الهواء الأبرد الآتى من البحر، والذى يسمى نسيم البحر (**SEA BREEZE**) عـند الارتفاعـات العالـية تحـدث بـرودة للهواء ويتحرك نحو البحر. لذلك فـإن نـسائم البحر تهب أثناء النهار عند مستوى منخفض وتلطف الجو للتخوم الشاطئية. فـى فـترة اللـيل حـيث الإشـعاع الـسريع يجعـل الأرض أكثر برودة عن البحر المجاور، حـيث ينـتج عـن ذلـك الضغط العالى فوق الأرض والضغط المنخفض فوق البحر شكل (٤). يبدأ هبوب الهواء من الأرض إلى البحر والذى يعرف بنسيم البر (**LAND BREEZE**).



شكل ٤ نسيم البر والبحر

الـرياح اليومـية المـشابهة لنـسائم الـبر والبحر تحدث فى معظم المناطق الجبلية. أثناء وقـت الـنهار يكـون مـيل الجـبل أكثـر دفـئا عن أرض الوديان. عندئذ يتحرك الهواء من الـوادى أعـلا المـيل. وهـذا مـا يعـرف بنـسيم الـوادى (**VALLEY BREEZE**). بعد غـروب الـشمس يـنعكس هـذا الإطار. حيث الفقد السريع للحرارة خلال الإشعاع الأرضى على طول ميول الجبل ينتج عنه انحدار الهواء البارد الكثيف من الارتفاعات العالية نحو الوديان وهذا يسمى نسيم الجبل (**MOUNTAIN BREEZE**) شكل (٥).



شكل ٥ نسيم الجبل والوادى

الرياح المحلية: (LOCAL WINDS):

تحـدث الرياح المحلية نتيجـة الاختلافات فى درجـة الحرارة والضغط. فهى تؤثر على المساحات الـصغيرة وهـى مقـيدة فى المستوات السفلى للطبقة السفلى من الغلاف الجوى (TROPOSPHERE).

الرياح الضبابية: (MISTRAL):

أثـناء فـصل الـشتاء، المـساحات الملاصـقة للأراضـى الجبلـية أو الهـضاب (HIGHLANDS) تكتـسب ريـاح بـاردة محلـية مصدرها الجبال الجليدية أو الأراضى الجبلـية وتهـب إلى أسـفل نحـو الـوادى، وهـذه الـرياح اكتـسبت أسمـاء محلـية، مـنها الـضبابية (MISTRAL) التـى تهـب مـن الآلـب فوق فرنسا نحو البحر الأبيض. وهى ريـاح شـديدة الـبرودة والجفـاف وذات سـرعة عالـية وتنـشق إلى قـنوات خـلال وادى (RHONE). حتـى عـندما تكـون الـسماء صـافية فـإن هـذه الـرياح تسبب هبوط درجة الحـرارة إلى مـا دون درجـة الـتجمد. سـرعتها كـبيرة جـدا، حـيث يلزم حماية الحدائق والبـساتين باسـتخدام سـياج كثـيفة مـن أشجار السرو (CYPRESS). كثيرا من المنازل الصغيرة تكون أبوابها وشبابيكها على الجانب الجنوب الشرقى فقط.

الدوران العلوى للهواء (انبثاق تيارات الهواء) :

UPPER AIR CIRCULATION "JET STREAMS"

فـى الجـزء الأوسـط مـن خـط العـرض (**MID–LATITUDE**) تهب رياح عالية السرعة تعرف بتيارات إنبثاق الهواء من الغرب إلى الشرق فى أعلا طبقة الغلاف الجوى السفلية وقريبا من التروبوبوز (**TROPOPAUSE**). هذه التيارات الهوائية النفاثة عبارة عن أحزمة متأرجحة من الرياح السريعة جداً والتى تكون مغلفة فى الرياح الغربية السائدة وتحيط بالكرة الأرضية. متوسط سرعة الرياح مرتفع جداً حيث أدنى حد حوالى ١٢٠ كيلو متر فى الساعة فى الشتاء و ٥٠ كيلو متر فى الساعة فى الصيف. هذه التيارات الهوائية النفاثة لها لب (**CORE**) حيث السرعة تكون أكبر بكثير.

يوجد نوعين رئيسيين من التيارات الهوائية النفاثة وهما :

(١) التيارات الهوائية المجاورة لمدارى (**SUB TROPICAL**)

(٢) التيارات الهوائية فى منتصف خط العرض (**MID–LATITUDE**) أو التيارات النفاثة أو واجهة مركزية (**POLAR FRONT**).

التيار النفاث للهواء المجاور للمدارى يكون حدود هبوب الرياح من جهة الغرب فوق خط العرض، وهى تستمر وتقاوم خلال معظم العام. وهى تنتج بدوران الأرض. عند خط الاستواء (**EQUATOR**)، الدوران يسبب أعلا سرعة فى الغلاف الجوى. نتيجة لذلك، الهواء الذى يرتفع وينتشر فى اتجاه الشمال وفى اتجاه الجنوب، يتحرك أسرع من الارتفاعات التى تهب فوقها. فهى تنعكس نحو اليمين فى نصف الكرة الأرضية الشمالى ونحو اليسار فى نصف الكرة الأرضية الجنوبى، وعند حوالى ٣٠ من خط العرض تصبح مركزه كتيارات هوائية نفاثة مجاورة للمدارى.

النفاث فى منتصف خط العرض أو الواجهة المركزية ينتج بالاختلاف فى درجة الحرارة ويرتبط عن قرب بالمواجهة المركزية (**POLAR FRONT**). وله وضع كثير التغير مقارنة بالتيار النفاث المجاور للمدارى. فى الصيف ينحرف وضعه نحو الأقطاب وفى الشتاء نحو خط الاستواء.

رغم أن التيارات النفاثة هذه ليست مفهومه تماما، إلا أنها تبدو أنها ذات تأثير على أحوالنا المناخية. فهى تلعب دور هام فى احتمال تكوين، تغيير اتجاه أو تكثيف الظاهرة الجوية مثل الأعاصير، الأعاصير المضادة والأعاصير المصحوبة بمطر ورعد وبرق

(**HURRICANES**)، والأعاصير الاستوائية فى منطقة القطبين وبحر الصين (**TYPHOONS**) وحالات مناخية أخرى. عادة توجد عواصف حادة عند تداخل تيارات الهواء النفاثة مع نظم الرياح السطحية. التيارات الهوائية النفاثة تساعد الطيارين فى حالة الطيران فى اتجاه هذه التيارات النفاثة.

الكتل الهوائية : (AIR MASSES) :

معظم التغيرات الكبيرة فى المناخ تحدث بسبب تقدم وتداخل الكتل الهوائية وللعمليات المتضمنة لهذا. الكتلة الهوائية هى جسم من الهواء الذى له خواص طبيعية خاصة درجة الحرارة والمحتوى من الرطوبة متجانسة نسبيا أفقيا. عادة الكتلة الهوائية تمتد لأكثر من مئات الكيلومترات وتتكون من عدة طبقات، كل طبقة لها حالات متجانسة. لتحقيق هذا التجانس فإن الهواء يجب أن يرتكز لبعض الوقت فوق سطح الذى له مثل حالات التجانس هذه. المناطق حيث كتل الهواء المتجانسة تميل إلى أن تخلق تعرف بمناطق المصدر (**SOURCE REGIONS**). المساحة الأرضية الكبيرة أو السطح المائى الكبير الذى تم توزيعه وعزله بانتظام يوفر مكان مناسب لتكوين الكتلة الهوائية. معظم مناطق المصدر المعروفة جيدا هى المحيطات المدارية والمجاورة للمدارى أى الصحارى ذات الارتفاع المنخفض مثل الصحراء (**SAHRAA**) فى الصيف والقارية الداخلية (**CONTINENTAL INTERIORS**) خاصة تلك فى شمال أفريقيا وأوراسيا فى الشتاء. شرط آخر لتكوين وتنمية الهواء فوق منطقة المصدر المتجانس تكتسب بالتدريج خواص المنطقة وتحتفظ بها حتى فى حالة تحركها بعيدا. خواص الحرارة والرطوبة للكتلة الهوائية يمكن رغم ذلك أن تتغير عند التحرك فوق سطح آخر له ظروف أخرى. الكتلة الهوائية تكون باردة عندما تكون أبرد من السطح الذى ترتكز عليه أو تتحرك من فوقه. الكتلة الهوائية يقال أنها دافئة عندما تكون أكثر دفئا عن السطح الذى ترتكز عليه أو تتحرك من فوقه.

تنقسم الكتل الهوائية بطريقتين:

(١) طبيعة منطقة المصدر.

(٢) تعديل وتكييف الكتل الهوائية.

على أساس طبيعة منطقة المصدر، يمكن تقسيم الكتل الهوائية إلى قسمين وهما مدارى (**TROPICAL**) وقطبى (**POLAR**). نظرا لأن مناطق المصدر يمكن أن تكون

محيطات أو قارات، فإن التقسيم التالى يكون من أربعة أنواع ثانوية وهى ملاحية تجارية مدارية (**MARTIME TROPICAL**)، قارية مدارية (**CONTINENTAL TROPICAL**)، بحرية تجارية قطبية ، **POLAR**)، قارية قطبية.

كتل الهواء الملاحية التجارية تحتوى على رطوبة عالية وتنتج كمية كبيرة من الترسيبات. على الجانب الآخر الكتل الهوائية القارية تكون جافة وتنتج كمية أقل من الترسيبات.

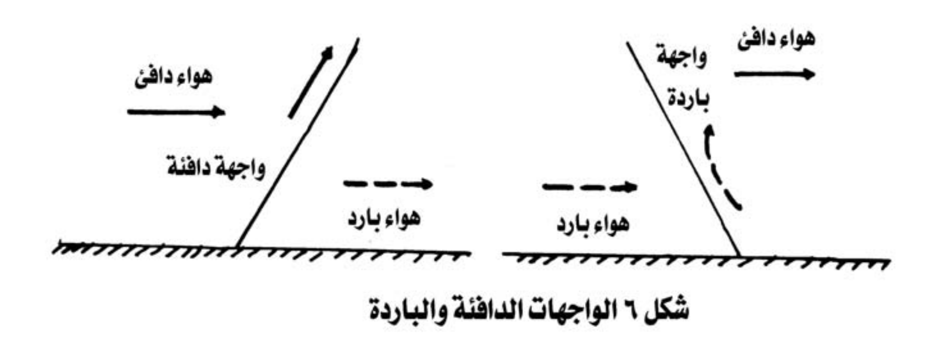
أخيرا، الكتل الهوائية يتم تعديلها مع تحركها بعيدا عن مناطق المصدر. يوجد نوعين رئيسيين من التعديلات وهما الحرارى الحركى (**THERMODY NAMIC**) والميكانيكى (**MECHANICAL**). عند تسخين أو تبريد كتلة الهوائية من أسفل بسبب الانتقال الحرارى بين الأرض وقاعدة كتلة الهواء، فإن ذلك يعرف بالتغير الحرارى الحركى. تتحدد درجة التغير طبقا لطبيعة السطح التحتى، ممر تحرك الكتلة الهوائية، زمن الرحلة وإضافة أو تجريد الرطوبة. عند مرور كتلة الهواء الدافئ فوق سطح بارد، فإن طبقاتها السفلية تصبح باردة. وهى تنتج انعكاس فى درجة الحرارة والذى يحد إلى درجة كبيرة الامتداد الرأسى للتبريد. نتيجة لذلك، تنتج حالة من الثبات، والتى تثبط التكثيف والترسيب. هذه التغيرات اختبرت واكتشفت بالكتل الهوائية القارية. على الجانب الآخر، عند تحرك كتلة هواء باردة فوق سطح دافئ، فإن طبقاتها السفلى تصبح دافئة. وهنا يزيد عدم ثبات الكتلة الهوائية وتسبب الحمل الحرارى (**CONVECTION**). هذا يؤدى إلى تكون سحب رأسية (**CUCUMULS**) واضطراب فى الهواء. كتلة الهواء القطبية تمارس هذا التغير. يحدث التغير بسبب إضافة الرطوبة فى كتلة الهواء خلال التبخر من السطح أو بالترسيب من طبقة فوقية من كتلة الهواء. بالمثل تجريد الرطوبة بالتبخير أو الترسيب يمكن كذلك أن يسبب تغيرات فى طبيعة كتلة الهواء. بجانب، العامل العام الآخر المسئول عن التغيرات فى كتلة الهواء وهو الفقد فى الحرارة الكامنة (**LATEN HEAT**) المصاحب للتكثيف أو للتبخير.

التغيرات الديناميكية أو الميكانيكية تشمل التعديلات والتى هى بخلاف التغيرات بسبب برود السطح أو دفؤه، فمثلا، يحدث تعديل كبير نتيجة التحركات الرأسية التى تسببها الأعاصير الحلزونية (**CYCLONES**) والأعاصير المضادة (**ANTI CYCLONES**) أو الاحتكاك السطحى. فى الإعصار الحلزونى، ينتج عن الالتقاء

وارتفاع الهواء عدم الثبات، على العكس الأعاصير المضادة يصاحبها تباعد وتشعب وهبوط التيارات الهوائية مسببا الثبات. الاحتكاك السطحى يكثف الاضطراب الطبيعى لتدفق الهواء بما يوفر آلية سريعة للانتقال العلوى لتأثيرات التغيرات الحرارية الديناميكية.

كتل الهواء ذات كثافات مختلة لا تختلط بسرعة وتميل على الاحتفاظ بكثافتها طالما أن كلا من درجة الحرارة والضغط لهم علاقة. منطقة حدود التقارب أو الالتقاء التى تفصل كتلتين هواء تسمى الجبهات (**fronts**). عادة كتلة الهواء من منطقة ما تتحرك بالتدريج إلى المنطقة الأخرى التى تشغلها كتلة هوائية أخرى. عند تحرك كتلة هوائية أكثر دفئا وأخف وزنا مقابل كتلة هوائية باردة وأكثر كثافة، فإن الكتلة الأولى تمتطى فوق الأخيرة. هذه المواجهة تسمى الجبهة الساخنة. على العكس إذا دفعت بقوة كتلة الهواء البارد طريقها تحت كتلة من الهواء الأكثر دفئا ودفعت الأخير هذا إلى أعلا، فإن الجبهة المواجهة تسمى المواجهة الباردة (**COLD FRON**).

فى النطاق أو المدى المتوسط على طول الجبهة لكتل الهواء البارد والدافئ تتكون أعاصير معتدلة شكل (٦).



شكل ٦ الواجهات الدافئة والباردة

الصفات الهامة للغلاف الجوى :

IMPORTANT PROPERTIES DFTHE ATMOSPHERE

الضغط ودرجة الحرارة هما الخاصيتين الهامتين للغلاف الجوى. الضغط يتم حسابه كقوة على وحدة المساحة. الضغط الجوى يزداد مع انخفاض الارتفاع. بالمثل، سخونة أو

بـرودة الغـلاف الجـوى تحـدد دورانـات الغـلاف الجـوى (ATMOSPHERIC CIRCULATIONS).

الضغط الجوى:

الـضغط الجـوى يلعـب دورا هامـا فـى تغـيير حالات الجو. الضغط يعتمد على درجة الحـرارة. الارتفـاع فـى درجـة الحـرارة سـيزيد كـثافة الهـواء. هـذه الحالة سوف تحدد الحـركة الأفقـية لكـتلة الهـواء ذات الخـواص المتجانـسة مـثل درجـة الحرارة والرطوبة. تغيرات المناخ تعتمد على تفاعل تلك الكتل الهوائية والعمليات المرتبطة بذلك.

المناخ المدارى (الاستوائى – TROPICAL) الرطب:

HUMID TROPICAL CLIMATES

المناطق الإستوائية (**TROPICS**) ذات هذا النوع من المناخ تشغل معظم نصف سطح الأرض – أكثـر مـن ٢٠٪ مـن الأرض و ٤٠٪ مـن سـطح المحـيط. المجمـوعة الاستوائية تـرتبط بالمتوسـط الـسنوى لتـساوى درجـة الحـرارة (**ISOTHERM**) ٢٠م. الصحراء الدافئة فى شمال أفريقيا والعربية الواقعة خلال هذه المساحة يتم استثناءهم من المجموعة بسبب جفافهم الزائد. فى هذا الحزام، درجة الحرارة تكون إلى حد ما متجانسة.

أنـواع المـناخ الرئيـسية خـلال هـذه المجمـوعة مـتطابقة أساسـا علـى أسـاس التوزيع الموسمى لسقوط الأمطار.

غابة سقوط الأمطار المدارية أو المناخ الاستوائى:

THE TROPICAL RAIN FOREST OR EQUATORIAL CLIMATE

يـوجد هـذا المـناخ فى الحزام الممتد من خط الاستواء إلى ١٠ درجة شمال وجنوب خط الاسـتواء. علـى طـول مجال مهب الريح (**WIND WARD**) للقارات، هذا المناخ يمتد حتـى ٢٠ درجـة شمـال وجـنوب خطوط العرض. كلا من حوض الأمازون وحوض الكنغو وجزر الجنوب الغربى لآسيا لها هذا النوع من المناخ.

هذا المناخ له درجة حرارة عالية متجانسة خلال العام، المتوسط السنوى حوالى ٢٧م. درجـة الحـرارة اليومـية تحـوم مـا بـين ١٠م و ٢٥م. المتوسـط السنوى هو أقل من ٥م. سـقوط الأمطـار يكـون ثقـيلا ويكـون موزعا خلال العام. متوسط سقوط الأمطار السنوى هو حـوالى ٢٥٠سم. درجة الحرارة المرتفعة وسقوط الأمطار خلال كل العام يساعد فى الإنتاج الثرى للخضروات فى المنطقة، والذى يعرف غابات مطرية استوائية أو (**SELVA**).

مناخ السافانا : (THE SAVANNA CLIMATE) :

هـذا الـنوع مـن المـناخ مرتبط بمناخ غابة الأمطار الاستوائية نحو خط الاستواء وبالمناخ الجـاف نحو القطبين. المساحات ذات مناخ السافانا هى السودان والسهل الواسع المنبسط أو الـنجد لأفـريقيا، الأراضـى ذات الحـشائش المدارية لشمال استراليا، الأراضى المرتفعة لجـنوب أمـريكا. وهـى تمـثل مـنطقة إنتقالـية والتى تحصل على سقوط الأمطار التقليدى أثـناء الـصيف، بيـنما أثـناء باقـى العام تظل جافة تحت التأثير السائد للرياح التجارية. تظل درجة الحرارة مرتفعة خلال العام، المتوسط السنوى لدرجة الحرارة هو حوالى ٢٣م. التغير السنوى فى درحة الحرارة هو ٥ — ٦٠م، وسقوط الأمطار السنوى حوالى ١٦٠سم. الـصيف الـرطب يتـبادل مـع الـشتاء الجـاف. الفيـضانات والجفـاف هما العادى. الفترة الـزمنية لاستمرار الفصل المطير من العام ومتوسط كمية سقوط الأمطار السنوية تنخفض مع زيـادة المـسافة مـن خـط الاسـتواء (**EQUATOR**). بالمثل المدى السنوى للحرارة يزداد كـذلك بعـيدا عـن خـط الاستواء. هنا الغابات المطرية (**RAIN FOREST**) الاستوائية توفـر طـريق إلى الـسافانا، أرض الحـشائش المداريـة ذات الأشـجار المنتـشرة الغـير دائمة وسريعة الزوال.

المناخ الموسمى : (THE MONSOON CLIMATE)

المـناخ الموسمـى يـوجد فى الهند وجنوب شرق أفريقيا، شمال أستراليا وساحل جونيا (**GUINEA**) غـرب أفـريقيا والمحـيط الباسـيفيكى لكولومبـيا. يتـصف المـناخ الموسمـى بالانعكـاس الموسمـى لاتجـاه الـريح الـذى يـصاحبه فـترات مـتغيرة مـن سـقوط الأمطـار والجفـاف. أثـناء فـصل الـصيف يتحـرك الهـواء الغير مستقر الرطب من المحيطات نحو اليابـسة، الذى يكون موصلا لسقوط الأمطار. فى الشتاء تهب الرياح الجافة التى مصدرها فـوق اليابـسة نحـو الـبحار. نظـم الدوران الموسمى الذى له اتجاه معاكس لحركة الرياح، يـشكل بـتأثير الاخـتلاف الـسنوى فـى درجة الحرارة تغيرات بين القارات والمحيطات. أثـناء الـصيف شـدة الحـرارة لوسط آسيا تنتج مساحة ذات ضغط نخفض جداً، بينما فى نـصف الكـرة الـشمالى يـوجد ضـغط عالى دون الاستوائى فوق المحيطات. الرياح التجارية الجنوبـية الغـربية تهـب مـن الـضغط العـالى نحـو مـنطقة الضغط المنخفض وتنحرف نحو الـيمين وتـصل إلى الهـند وجـنوب شـرق آسيا فى شكل رياح شاطئية جنوبية وشمالية — غـربية. هـذه الرياح تكون محملة بالرطوبة، ولذلك فإنها تسبب سقوط كثيف للأمطار فى تلك الأجزاء من قارة آسيا.

أثـناء فـصل الـشتاء، البرودة الشديدة فى وسط آسيا تكثف حزام الضغط العالى وهبوب الـرياح الـتجارية البحـرية الـشمالية الشرقية فوق جنوب شرق آسيا. بسبب وجود جبال الهـيمالايا فـإن تلـك الـرياح الـباردة تمـنع مـن النـزول فـى شبه القارة الهندية. درجات الحرارة تكون منخفضة أثناء هذا الفصل من السنة.

المناخ الجاف: (**The Dry Climates**)

المـناخ الجـاف تم تقـسيمه إلى الـنوع الـصحراوى أو المجـدب القاحـل أو الـنوع شـبه المجـدب أو الـسهل الواسع الخالى من الشجر (**STEPPETYPE**). هذين النوعين من المناخ لهم كثيراً من الظواهر المشتركة. اختلافاتهم هى موضوع درجات فقط.

المناخ الصحراوى: (**DESERT CLIMATE**)

الظاهـرة الرئيـسية لأى مـناخ صـحراوى هى ندره المياه يكون ذلك نتيجة زيادة البخر عـن الترسـيبات (الأمطـار). الجفـاف أو الجـدب لـيس ببـساطة هو قلة الترسيبات ولكن للترسـيبات المؤثـرة. فمـثلاً، ٢٥سـم من الترسيبات يمكن أن تكون كافية لتوفير غطاء من الغابـات فـى إسـكاندينافيا حيث البخر يكون قليلا فى الهواء البارد الرطب، ولكن نفس الكمـية مـن سقوط الأمطار فى إيران تساعد فقط فى غطاء نباتات خضراء متناثرة ذلك لأن البخـر يكـون مـرتفعا فـى الهـواء الجـاف الدافـئ. لذلك لا توجد كمية معينة من الأمطار يمكنها العمل كحاجز عالى لمناخ الجاف.

فـى التقـسيم الكوبـى أسـتخدمت ثـلاث متغيرات فى معادلة لوضع حاجز بين المناخ الجاف والمناخ الرطب. هذه المتغيرات هى:

(أ) متوسط درجة الحرارة السنوية (ب) متوسط الترسيبات (الأمطار) السنوية

(جـ) التوزيع الموسمى للترسيبات.

مـع زيـادة درجة الحرارة، تزداد كذلك طاقة البخر. الصحراء القاحلة تقع فى المناطق ذات الارتفـاع المـنخفض (**LOW ALTITUDE**). والقـريبة مـن مـدار الـسرطان ومدار الجدى ، **TROPIC OF CANCAR AND CAPRICORN**). الصحراء، العربية، جـنوب غـرب أمـريكا، جـنوب غـرب أفـريقيا ووسـط آسيا لهم هذا النوع من المناخ. هذا المـناخ يسود بهبوط الكتل الهوائية والاستقرار الملحوظ للأعاصير المضادة المجاورة للمدارية (**TROPICAL– SUB**) ولـذلك تقـريبا عدم وجود أمطار. الترسيب ليس فقط ضئيل ولكـنه غـريب الأطـوار (**ERRATIC**). السماء الخالية من السحب والرطوبة المنخفضة

توفر كمية كبيرة من الإشعاع الشمسى لتصل إلى الأرض أثناء النهار وتسمح بالإشعاع الأرضى السريع أثناء الليل. ولذا، فإن الصحراء القريبة من خط الاستواء فى داخل القارات لها الحالات الكبيرة اليومية لدرجة الحرارة على الأرض، والتى تزيد عن ٥٩م. متوسط درجة الحرارة السنوية ٣٨م.

الصحار المدارية الواقعة على طول الساحل الغربى للقارات تفشى وتظهر تأثير ملحوظ لتيارات المحيط الباردة على مناخها. فمثلا، أتاكاما فى بيرو وشيلى وناميبيا فى جنوب غرب أفريقيا لهم أدنى متوسطات سنوية وكذلك مجالات سنوية ويومية من درجة الحرارة مقارنة لأماكن أخرى موجودة عند خط العرض (**LATITUDE**) المشابه، ولكن فى أجزاء أخرى. ولكن تلك المناطق تستقبل أدنى إجمالى سقوط أمطار سنوى فى العالم رغم وجودها قريبا من المحيطات. فى الحقيقة الجفاف فى هذا الجزء تزداد كثافته بسبب المياه الباردة البحرية التى تبرد الهواء وبالتالى يجعلها ثابتة ومستقرة.

السهل الواسع الخالى من الشجر: (THESTEPPE)

على غير حال الصحارى ذات الارتفاع المنخفض فإن السهول الجافة لا يتم إحكامها بكتل الهواء الخامدة للعواصف المضادة المجاورة للمداري. بدلا من ذلك، فإن هذه نكون يابسة جافة أساسا بسبب وضعها فى عمق مساحات أرضية ضخمة بعيدة عن تأثيرات المحيط. بالإضافة، وجود الحواجز الجبلية التى تقاطع مسارات الرياح السائدة تعيق التأثيرات البحرية. الصحارى ذات الارتفاع المتوسط ذات المناخ الجاف تكون ذلك الأكثر انتشاراً فى شمال أفريقيا وفى أوراسيا.

هذا النوع من المناخ يتصف بالترسيب (المطر) الهزيل والذى لا يعتمد عليه مثل الصحارى المدارية. ولكن المتوسط السنوى (٢١م) وكذلك المجال السنوى لدرجات الحرارة (١٣م) أقل بالمقارنة. السقوط السنوى للأمطار هو ٣٠سم. المناطق الجافة الموجودة إلى جانب الاتجاه القطبى للصحارى (**POLEWARD SIDE OF THEDESERT**) تستقبل أقصى سقوط للأمطار أثناء الفصل البارد من العام، بينما تلك الموجودة فى الاتجاه المدارى تستقبل أقصى سقوط أمطار أثناء الفصل الدافئ من العام.

المناخ الرطب متوسط الارتفاع: (HUMIDMID - LATITUDE CLIMATES)

تنقسم مجموعة المناخ هذه إلى مناخ البحر الأبيض المتوسط والصين ومناخ غرب أوربا. ابرد الشهور هى عند أقل من ١٨°م، ولكن درجة الحرارة لن تصل إلى أقل من – ٣°م. أكثر الشهور دفئا هو ما يزيد عن ١٠°م.

مناخ البحر الأبيض المتوسط:

يوجد هذا المناخ على طول السواحل الغربية للقارات ما بين خط عرض ٣٠، ٤٥. وهو مرتبط بالنقطة الجافة على جانب الاتجاه الاستوائى ومناخ غرب أوربا البحرى على جانب الاتجاه القطبى. المساحات حول البحر الأبيض المتوسط، وسط كاليفورنيا، وسط شيلى، الجزء الجنوبى من جنوب أفريقيا والأجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية من استراليا تكتسب هذا المناخ.

نظرا لأنه يوجد انحراف موسمى لأحزمة الضغط مع التحركات السنوية للشمس، فإن تلك المناطق تقع تحت تأثير حالات الضغط العالى القريبة من خط الاستواء أثناء فصل الشتاء. أثناء فصل الصيف فإنها تكون حارة وجافة، درجة الحرارة تكون ما بين ٢٠°م إلى ٢٧°م. فصل الشتاء يكون معتدلا حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين ٤°م، ١٠°م. المجال السنوى لفرق درجة الحرارة هو حوالى ١٠°م إلى ١٧°م. لذلك فإن سقوط الأمطار يكون متوسط ويتغير ما بين ٤٠ إلى ٦٠سم. ومعظم الأمطار تكون فى فصل الشتاء.

المناخ الشبه الاستوائى الرطب أو المناخ الصينى:

(The Humid Sub- Tropical Climate Or The China Type)

المناخ الشبه الاستوائى الرطب يوجد على طول السوائل الغربية للقارات الواقعة ما بين خط عرض ٢٥ و ٤٥. وهو يحدث فى شمال غرب الولايات المتحدة، أورجواى، الأرجنتين، جنوب البرازيل، شرق الصين، جنوب اليابان وحزام الساحل الشرقى لأستراليا.

الصيف يكون حارا ورطبا، والشتاء يكون معتدلا. المستوى السنوى لدرجة الحرارة هو ٢٠°م ومتوسط فرق درجة الحرارة السنوى هو ١٧°م. إجمالى سقوط الأمطار السنوى عادى أكثر من ١٠٠سم. ويكون موزعا خلال العام. تلك المناطق معرضه للأعاصير الشديدة والمفزعة، غالبا فى أواخر الصيف والخريف.

مناخ غرب أوربا البحرى:

(**THE MARINE WEST EUROPEAN CLIMATE**)

هـذا المـناخ يوجد على طول السواحل الغربية للقارات من حوالى ٤٠م إلى ٦٥م شمال وجـنوب خـط الاسـتواء. تـسود مـنطقة هـذا المناخ عدم تدفق هواء المحيط على الساحل. تحـت تأثير كتل هواء الساحلية (البحرية)، هذه المناطق يكون شتاءها معتدل (**MILD**) وصـيفها بـارد وكمـية وافرة من سقوط الأمطار خلال العام. يوجد هذا المناخ. بشكل متسع جـدا فـى أوروبـا، حـيث عـدم وجـود أي حواجز جبلية على طول الشمال — الجنوب، حـركة الهـواء البحرى البارد لا تتم إعاقتها. فى شمال وجنوب أمريكا، يوجد هذا المناخ فقـط فـى حـزام ضـيق علـى طـول الـساحل، بـسبب وجـود حواجز جبلية. بجانب تلك المـناطق، فـإن كـلا مـن ينوزيلنده والطرف الجنوبى الشرقى من أستراليا لديهم كذلك هذا النوع من المناخ.

يظـل الطقس شديد التغير وغير متوقع خلال العام تحت تأثير نظام العواصف الرعدية عـند الـضغط المـنخفض. متوسـط درجـة الحـرارة السنوى هو ١٠م. إجمالى سقوط الأمطار السنوى هو حوالى ١٤٠سم. تكون فصول الشتاء مطيرة أكثر من فصول الصيف.

المـناخ الرطب أوسط خط العرض (**MID - LATITUDE**) الذى له درجات حرارة منخفـضة تم تقـسيمها إلى مـناخ تايغـا (**TAIGA** — المنطقة الحرجة بين نطاقى التندار والـسهوب) مـناخ الـساحل الـشرقى الـبارد، والمـناخ القـارى (**CONTINENTAL CLIMATES**).

مناخ تايغا: (**THE TAIGA CLIMATE**)

سمـى هـذا المناخ بالنسبة للغطاء من غابات الصنوبر (**CONIF EROUS**) الموجودة فـى المـنطقة. مـنطقة هذا المناخ تغطى تمدد عريض من غرب ألاسكا إلى شمال أمريكا ومن النرويج إلى شبه جزيرة كامشاتكا فى أوراسيا.

المـناخ يسوده كتل الهواء القطبية القارية. الصيف يكون قصيرا وتتراوح درجة الحرارة مـا بـين ١٠ إلى ١٥م. الـشتاء يكـون طويلا وشديد البرودة. أدنى درجة حرارة يمكن أن تـصل إلى – ٥٠م (مـسجلة فـى فيرخـو يانسك فى يناير). الترسيبات المطرية منخفضة وتكـون مركـزة فـى شـهور الـصيف الحـارة. رغم أنها بكميات صغيرة إلا أنها كافية لنمو الأشـجار لأن الـشجر قلـيل. الـزراعات المـصاحبة لهـذا المـناخ هـى غابات الصنوبر ذات الخشب الطرى.

مناخ الساحل الشرقى البارد: (**THE COOL EAST COAST CLIMATE**)

يوجد هذا المناخ فى المناطق على طول الساحل الشمالى الشرقى للولايات المتحدة، شرق الصين، اليابان، كوريا وفى سهول الدانوب المنخفضة.

فصول الصيف تكون طويلة، حارة ورطبة تحت تأثير كتل الهواء المدارية البحرية، متوسطة الحرارة ٢٥م. فصول الشتاء تكون باردة ومتوسط درجة حرارة الشتاء تتراوح ما بين – ٤م إلى صفر درجة مئوية. الترسيبات المطرية متغيرة لأن الأمطار الصيفية ذات طبيعة متعلقة بالحمل الحرارى (**CONVECTIONAL**). فى فصل الشتاء، تكون الترسيبات المطرية عادة أقل من فصول الصيف، وتسقط معظمها فى شكل برد أو ثلج (**SNOW**).

المناخ القارى: (**CONTINENTAL CLIMATE**)

المنطقة المناخية تقع فى الأجزاء الداخلية للقارات الكبيرة بين تايغا والصحراء فى وسط خطوط العرض. فهى تنتشر فى أوراسيا ما بين بولندا ودول البلطيق للسهل الروسى الأوسط. فوق جبال الأورال، يكون الحزام ضيقا ويسير موازيا للخط ٥٥. فى شمال أمريكا يوجد هذا المناخ فى الولايات الشمالية للولايات المتحدة والأجزاء الجنوبية للولايات الوسطى فى كندا.

درجة الحرارة عادة تكون أعلا عند تلك لنوع مناخ تايغا، ولكن تكون أقل عن تلك لمناخ الساحل الشرقى الباردة الصيف يكون قصيرا وحار، درجات الحرارة تتراوح ما بين ١٠م إلى ٢١م. الشتاء يكون طويلا عندما تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من درجة حرارة التجمد. الترسيبات المطرية متغيرة وتأتى معظمها كأمطار فى الصيف بينما أمطار الشتاء تكون فى شكل ثلوج.

المناخ القطبى: (**POLAR CLIMATES**)

المناخ القطبى هو ذلك المناخ حيث متوسط درجة الحرارة فى الشهور الحارة أقل من ١٠م. وهذه تتصف بعدم وجود الفترات الحارة وبطول الحالات الباردة. مجموعة هذا المناخ تم تقسيمها إلى نوعين. وهما مناخ التندرا (**THE TUNDRA**) ولكنها أقل من ١٠م، ومناخ الغطاء الجليدى (**ICE CAP**) الذى فيه الشهور الدافئة تكون درجة حرارتها أقل من الصفر.

مناخ التندرا: (TUNDRA) :

يوجد هذا المناخ على وجه الحصر فى نصف الكرة الأرضية الشمالى حيث يشغل التخوم الساحلية المحيط الأمطار القطبية الشمالية (**ARCTIC OCEONS**) بجانب جزر الأقطار القطبية الشمالية والشواطئ عديمة الثلوج فى أيسلندا (**ICELAND**) والأرض الخضراء (**GREENLAND**). الشتاء يكون قاسيا، ولكن الصيف يكون باردا. متوسط درجة الحرارة السنوى مرتفع. الترسيبات المطرية صغيرة. درجة حرارة أكثر الشهور حرارة لا تزيد عن صفر درجة مئوية، ولكن لن تكون أعلا من ١٠°م. لذلك فإن الأرض قد تكون خالية من الثلج، وإن يكن لفترة زمنية قصيرة. ثبات درجة الحرارة الصيفى عند ١٠°م لذلك يكون علامة لحد الاتجاه المدارى لتندرا (**EQUATOR LIMIT OF TUNDRA**) وكذلك حد الاتجاه القطبى للنمو الشجرى (**POLEWARD LIMIT**). الممكن فقط هى نباتات متفرقة التى تشمل الحشائش، الطحالب، ونبات الأشنة والحزاز (**LICHENS**).

مناخ الغطاء الجليدى: (ICE CAP CLIMATE)

فى المناطق الجبلية فإن كلا من الارتفاع وخط الاستواء (**ALTILUDE LATITUDE**) لهم دور هام فى إحكام درجة الحرارة والترسيبات المطرية. على الجبال المرتفعة يكون تأثير الارتفاع العالى هو نفسه تأثير البعد عن خط الاستواء (**HIG LATITNDE**) على الكرة الأرضية. يمكن كشف ذلك بملاحظة مناطق الارتفاعات والنباتات الخضراء فيها من أسفل الجبال إلى قممها. الحالة العادية فى الارتفاعات العالية هى الإشعاع الشمسى العالى، درجة الحرارة المنخفضة، ضغط الهواء المنخفض، الحالات الكبيرة فى درجات الحرارة (فروق درجات الحرارة) خلال العام، كمية الترسيبات المطرية الضخمة عند الارتفاعات العالية. هذا النوع من المناخ يوجد فى جبال الألب، جبال الهيمالايا، سهل تبتان (**TIBETAN**) المتسع وفى المناطق الصخرية.

المناخ والإنسان:

نظرا لأن المناخ يشير إلى الحالات الجوية للأرض خلال فترة زمنية طويلة، فإنه الاعتبار شديد الأهمية للبيئة الطبيعية. فهو يمثل المجال الجوى الحى الذى يشكل البيئة الطبيعية مع غلاف الأرض المائى (**HYDROSPHERE**)، الجزء اليابس من

الأرض (اليابسة) (**LITHOSPHERE**)، والمحيط الحيوى (**BIOSPHERE**). المناخ يؤثر ويتأثر بعمليات وظروف المكونات الأخرى أي المحيط المائى، اليابسة، المحيط الحيوى.

المناخ يضع حدودا لتوزيع مختلف أنواع حياة النبات والحيوان.

لذلك فإن له أهمية كبيرة للإنسان. فهو يؤثر على نشاطات الإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. الزراعة، الرى، إنشاء الغابات، بناء المنازل، استخدام الأرض، النقل والأنشطة الاقتصادية الأخرى تتأثر إلى حد كبير بالظروف المناخية. عدم تقييد قطع الأشجار بفعل الإنسان فى أجزاء كثيرة من العالم أدى إلى نقص كبير فى كمية الترسيبات وبالتالى كثيرا من حالات المجاعات بسبب ندرة المياه. بالمثل، زيادة كمية ثانى أكسيد الكربون فى الجو، والذى أدى إلى رفع درجة الحرارة الجوى حد ما.

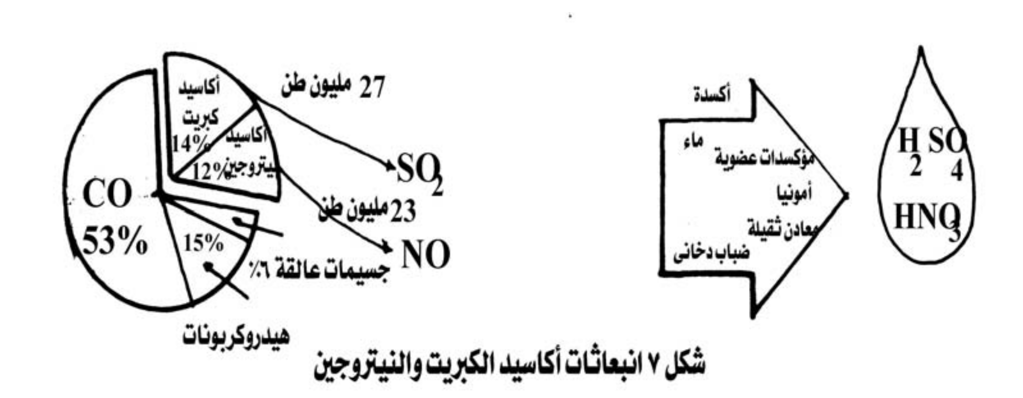
المطر الحامضى: (**ACID RAIN**):

كلا من حامضى الكبريتيك وحامضى النيتريك هما الحامضين المسببين للمطر الحمضى. قد عرفنا ولاحظنا أن أكاسيد الكبريت والنيتروجين المنتجة بالعماليات الصناعية وعادم محركات الاحتراق تتفاعل مع بخار الماء فى الغلاف الجوى لتكوين أحماض الكبريتيك والنيتريك والتى تسقط على الأرض كمطر حامضى.

الاعتبار الغريب فى الأمطار الحامضية هى أن الموقع المسبب لحدوث هذه الأمطار الحامضية ليس هو الذى يقاسى من هذا ولكنه موقع آخر، ذلك لأن الملوثات تحمل بعيدا بواسطة الرياح السائدة إلى مكان آخر حيث يحدث السقوط للأمطار.

المطر الحامضى لا يعرف حدودا جغرافية أو سياسية. لذلك فإن ثانى أكسيد الكبريت الذى ينطلق إلى الجو بالمداخن العالية فى مدينة بومباى يحمل بعيدا بالرياح الشمالية الغربية إلى بومباى الجديدة (**VASHI**) لإنتاج المطر الحامضى فى تلك المناطق. ملايين الأطنان من المخلفات الصناعية يتم قذفها فى الغلاف الجوى بواسطة الولايات المتحدة الأمريكية كل عام. وهذه تحمل بعيدا بالرياح القوية إلى كندا حيث ترسب كأمطار حامضية. يقال أن ٩٠ من المطر الحمضى فى النرويج يرجع إلى التلوث من مدن أخرى ، كذلك ٧٥٪ من المطر الحمضى فى السويد يقال أنه يرجع إلى اندفاع ملوثات المطر الحمضى من الصناعات البريطانية والألمانية. لذلك فإن المطر الحمضى سيصبح المصدر

الرئيـسى لـنقط الخـلاف أو الـنقاش بـين الدول.. إنه كابوس عالمى. فى الحقيقة، لم يتم اكتشاف شكل غير معلن من الحرب الكيمائية أكثر تأثيرا شكل (٧).



شكل ٧ انبعاثات أكاسيد الكبريت والنيتروجين

المطـر الحمضى قد أمات أكثر من ٢٠٠ بحيرة فى ولاية نيويورك. حوالى ٤٠٠٠ بحيرة فـى الـسويد، مـنها ١٥٠٠٠ بحـيرة بدون أسماك. فى كندا كثيرا من البحيرات أصبحت غـير قـادرة علـى تحمـل إعاشة أنواع كثيرة من الأسماك بسبب المطر الحامضى. بقدر أن ٣٠٪ مـن غابـات شـرق ألمانـيا يموت ببطئ بسبب المطر الحامضى، وهذا هو نفس الحال فى تشيكوسلوفاكيا وجزء معين فى ألمانيا.

الـتلف والدمار الذى يسببه المطر الحمضى ليس مقصورا على البحيرات والغابات فقط. المطـر يسبب كذلك تآكل للمبانى، الآثار، التماثيل، المعادن والخشب. وهو يشكل تهديدا كبيرا لصحة الإنسان، لأنه يلوث ليس فقط الهواء ولكن مياه الشرب وحتى الغذاء.

الفصل الرابع

التلوث الإشعاعى والكيميائى والوقاية منه

RADIO - ACTIVE AND CHEMICAL POLLUTION

التلوث الإشعاعى:

مقدمة:

بالـتحلل التلقائى لنوية ذرة (**ATOMIC NUCLIE**) عناصر معينة مثل الراديوم، اليورانـيوم، الثوريوم.. الخ تبعث بروتونات (جسيمات ألفا α)، إليكترونات [جسيمات بيـتا (**B**) و أشعة جاما (**Y**) – موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجة قصيرة جدا. مـثل هـذه العناصر التى تبعث إشعاعات عند تحللها يقال أنها عناصر مشعة وهذه الصفة تسمى النشاط الإشعاعي.

الـتلوث الإشـعاعي هـو الـتلوث الطبيعـى للهـواء، المـاء والتربـة، بالمواد ذات النشاط الإشـعاعي. مخلفـات المواد ذات النشاط الإشعاعي التى تنطلق أساسا من الانفجار النووى الحـرارى، تـشكل تهديـدا حـاداً للكائـنات الحـية. انتـشار النشاط الإشعاعي فى جميع أنحاء العالم يلوث الهواء، التربة، الماء، النباتات، الحيوانات.

١- أساسيات الإشعاع:

الإشـعاع هـو انـبعاث طاقـة مـن نقطـة المـصدر. الإشـعاع الكهرومغناطيـسى أو إشعاع الجـسيمات قـادر علـى إنتاج أيونات، مباشرة أو بطريقة غير مباشرة، بالتفاعل مع المادة يـشار لـه كإشـعاع مؤين. الإشعاع المؤين يتم إنتاجه أثناء الاستخدامات الطبية، النووية، الـصناعية تـصنيف أنواع الإشعاع مبنى على طول الموجه. الطاقة المصاحبة لنوع معين من الإشـعاع تـتوقف على طول موجة الإشعاع. كلما قصر طول الموجه كلما زاد التردد وزادت الطاقة.

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{السرعة}}{\text{التردد}}$$

سرعة الإشعاع تتغير طبقا للمجال التى تسير خلاله.

٢ - القياسات:

أ – إليكترون فولت: (ELECTRONYOLT)

الإلـيكترون فـولت هـو وحـدة طاقـة تـساوى (١,٦٠٢ × ١٠ ^-١٩^ جـول). الإليكترون فـولت هـو مقـياس لطاقـة تـأين الإشـعاع ويرمـز لـه (ev)، آلاف مـن الإلـيكترون فـولت (Kev) أو ملايـين من الإليكترون فولت (Mev). وهو الطاقة المكتسبة عند المرور خلال فرق الجهد لواحد فولت وهو يكافئ ١,٦ × ١٠ ^-١٢^ إرج.

ب – رونتجت (R) ROENTGEN:

إمتـصاص حـوالى ٨٦ إرج (86 ERGS) مـن الطاقة لكل جرام من الهواء يمثل واحد رونـتجن. الـرونتجن هـو قـياس للـتأين فـى الهواء نتيجة التعرض لأشعة أكس أو لأشعة جاما.

جـ - الراد RAD:

واحـد راد أو جـرعة إشـعاع ممتـصة، يمـثل امتصاص ١٠٠ إرج لكل جرام من الوسط (MEDIUM) مـن أى نـوع مـن إشـعاع التأين. أشعة إكس العادية للصدر تنتج تعرض لحوالى ٠,١ راد، السلسلة الثقيلة جدا للتشخيص هى حوالى ١٠ راد.

د - الرم REM:

الـرم، الـرونتجن ، مكافـئ الأشـخاص (EQUIVALENT MEN)، يقصد به أن يؤخذ فى الاعتبار التأثيرات البيولوجية لمختلف أنواع الإشعاعات من نفس الجرعة بالراد (IN RADS). لأغـراض الإشـعاع الطبى، فإن عدد الرم يمكن اعتباره مكافئ لعدد الراد أو الـرنتجن. معامـل الـنوع أو معامـل الـتدمير (DAMAGE FACTOR - QF) يستخدم لتحويل الراد إلى رم.

م	نوع الإشعاع	معامل النوع – QF
١	لأشعة اكس ، أشعة جاما، طاقة	١
٢	البوزيترونات < ٠,٠٣ Mev	١
٣	اليكترونات، طاقة بوزيترونات < ٠,٠٣ Mev	٣
٤	طاقة النيتوترونات < ١٠ Kev	١٠
٥	البروتونات	١ – ١٠
٦	جسيمات الفا	١ – ٢٠
رم = راد × QF	(Rems = Rads × QF)	

هـ - كورى وراذرفورد: (CURIE AND RUTHER FORD)

كورى وراذفورد (**RD**) هما وحدتين للنشاط الإشعاعي. المعدل الذى به ذرات المصادر المـشعة (**RADIONUCLIDES** – نـويدة مـشعة. مـن نظـير إشعاعي) تتحلل يقاس بالكـورى. النـشاط الاشـعاعى للعيـنة يقال أنه واحد كورى إذا حدث له. ٣,٧ × ١٠ ^١٠^ تحلل فى الثانية وواحد رذرفورد إذا حدث له ١٠ ^٦^ تحلل فى الثانية.

و – زمن نصف العمر: (**HALF LIFE PEROID**)

جـسيمات ألفـا لهـا قـيم تـأين نوعـية ضـخمة. فهـى تنشر الطاقة سريعا ولها شحنة كهـربية موجـبة. باعثات ألفا هى العناصر الثقيلة مثل. اليورانيوم، الرصاص، البلوتونيوم والـراديوم. الجـسيمات طبيعـى أنهـا تـشكل خطـورة علـى الـصحة فقط فى شكل إشعاع داخلـى خـلال الهـضم، الاستنشاق أو الجروح المفتوحة. وهذه لا تسبب خطورة خارجية نظرا لأنها لا تستطيع اختراق الطبقات الخارجية للجلد.

جـسيمات بيـتا خفـيفة الـوزن وتحمـل شـحنة واحـدة. وهـى تتأين باستخفاف وزهد (**SLIGHTY**)، وتنـشر الطاقـة سريعا وهى متوسطة الاختراق ولكن يمكن إيقافها بقليل من الألومنيوم. جسيمات بيتا يمكن أن تكون خطرة سواء كانت إشعاع داخلى أو خارجى بسبب تأين الأنسجـة.

أشـعة أكـس وأشـعة جامـا هـذه تسير بسرعة الضوء ولكن التردد يختلف. أشعة إكس وأشـعة جامـا لهما شده، اختراق عالية مقارنة بجسيمات ألفا وبيتا. وهما يشكلان الخطر الرئيـسى على الصحة للإشعاع الخارجى رغم أن أشعة جاما يمكن أن تكون خطرة كذلك كإشعاع داخلى.

النـيترونات هى جسيمات ليس لها شحنة وذات طاقة عالية ويمكن أن يكون لها كلا مـن الـتأثيرات الفـسيولوجية والقـدرة علـى جعـل المـواد الأخـرى ذات نـشاط إشـعاعي (**RADIOACTIVE**) النـيترونات يمكـن أن تـشكل المشاكل الرئيسية حول المفاعلات الـنووية. الـنويده المشعة من نظير اشعاعى (**RADIONU LIDES**) هى نظير إشعاعي لعنصر.

مصادر التلوث الإشعاعي:

المصدرين الرئيسين للتلوث الإشعاعي هما الطبيعى وبصنع الإنسان.

المصادر الطبيعية:

وهـذه تـشمل الأشـعة الكونـية (**CASMIC RAYS**) والتـى هـى إشعاعات سريعة الحـركة وذات إشـعاعات نـشطة **ENERGETIC** ، التـى تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجـى. كـثافة أو شـدة الإشعاعات الكونية فى المحيط الحيوى (**BIAS PHERE**) تكـون منخفـضة ولـذلك فإنهـا لا تـشكل خطـورة على الصحة العامة ولكنها مصدر خطر رئيسى فى الفضاء.

الإشـعاعات الأرضية من النويات (نواة الذرة) للعناصر المشعة الموجودة. فى الصخور، التربـة والماء تمثل مصادر طبيعية للتلوث الاشعاعى. تلك العناصر تشمل اليورانيوم ٢٣٥، اليورانيوم ٢٣٣، الراديوم ٢٢٤، الثوريوم ٢٣٢ والكربون ١٤.

المصادر بفعل الإنسان:

مـن المـصادر المـشعة بفعـل الإنـسان هـى اختـبارات الأسـلحة النووية، منشآت إنتاج الطاقة النووية، استخراج وتنقية البلوتوينوم والثوريوم وتحضير النظائر المشعة.

(١) الأسلحة النووية:

تشمل تجارب الأسلحة النووية الأتي:

- استخدام انشطار اليوارنيوم ٢٣٥، البلوتونيوم ٢٣٩.
- الهيدروجين أو الليثيوم كمادة إندماج.

الانفجـار النووية هى تفاعلات تسلسل حرة غير مسيطر عليها، فهى تنتج حالات من التدفقات الضخمة من النيوترونات التى تسبب الخاصية الإشعاعية لمواد أخرى فى البيئة المحيطة.

يـتم دفع سحب ضخمة من الجسيمات المشعة والغازات إلى أعلا فى البيئة وتحمل إلى مـساحات بعـيدة بواسـطة طاقـة الـرياح. وبالتدريج ترسب هذه على الأرض بثقلها أو أن بفعـل الأمطار. ومن بين المواد الساقطة الاسترنثيوم ٩٠، الأيودين ١٣١، السيزيوم ١٣٧، المنـتجات المتفجـرة الغـير مـستخدمة وهـى منـتجات المـواد المـشعة الـساقطة. عند سقوط الأمطـار المحـتوية علـى هـذه المـواد المـشعة على سطح الأرض، فإن الخاصية الإشعاعية تنـتقل إلى حبيـبات التربة مسببه تلوث التربة. يتم غسيل تلك المواد المشعة من التربة إلى

مختلط مصادر المياه حيث تمتصها الكائنات المائية ويحدث تراكم لها خلال السلسلة الغذائية حيث يمكن أن تصل إلى الإنسان.

(٢) المفاعلات النووية والوقود النووى:

فى محطة الطاقة النووية تشمل خطة العمل إدخال الوقود النووى المجهز، الانشطار، وعمليات التنشيط والعمليات الحرارية. الوقود المستخدم لتحلل الذارت هو عادة النظير المشع يورانيوم — ٢٣٥. فى هذه العملية تنطلق كمية ضخمة من الطاقة فى شكل حرارة التى تستخدم لإنتاج البخار لتشغيل التربينات الضخمة لإنتاج الكهرباء.

كلا من عناصر الوقود والمبردات هى مصادر للتولث الاشعاعى. بجانب ذلك، فإن التخلص من المخلفات المشعة من المفاعلات النووية هو مشكلة كبيرة ذلك لأن منتجات الانشطار والتنشيط فيها تعتبر خطيرة للكائنات الحية. حتى فى حالة دفن هذه المخلفات فى خزانات تحت الأرض للتحلل الطبيعى، فإنها يمكن أن تصبح حرة وتهرب إلى المجال المحيط.

(٣) النظائر المشعة: (RADIO ACTIVE ISOTOPES)

عدد كبير من النظائر المشعة مثل اليود — ١٢٥، الكربون ١٤، الفوسفور ٣٢ ومركباتهم استخدمت فى عمليات بحثية كثيرة. مياه الصرف من هذه المنشآت البحثية تصل إلى مختلف مصادر المياه مثل الأنهار، المجارى المائية، البحيرات.. الخ خلال مواسير الصرف حيث تسبب تلوثاً للمياه. وكذلك فإن اليود المشع والفوسفور المشع يصل إلى السلسلة الغذائية خلال الماء وأخيرا يمكن أن تصل إلى الإنسان خلال الأسماك .

(٤) مصادر أخرى:

يدخل جسم الإنسان تركيزات مختلفة من الإشعاعات أثناء مختلف المعالجات الطبية، فمثلا أشعة إكس هى العادية للكشف عن الاضطراب الجهاز العظمى، علاج مرضى السرطان عادة يحتوى على الراديوم وإشعاعات نظير آخر. يقدر أنه يؤخذ سنويا ٢٤٠ مليون أشعة إكس وأسنان وأن ١٥ مليون اختبار باستخدام المواد المشعة للتتبع (**TRACES**) يتم عملها فى جسم الإنسان كذلك.

الأنواع العادية لإشعاع التأين هى أشعة إكس والتى يتم تحضيرها بواسطة معدة التصوير الإشعاعى (**RADIOGRAPHIC**)، معدات العلاج بأشعة إكس ، أشعة إكس للأسنان التى يمكن أن تخترق عند فرق جهد حوالى ١٠ كيلو فولت تنتج إشعاع

أكثـر اختراقـا ويمكـن أن يكـون أكثـر خطورة، فى حالة عدم احتوائه جيدا. وهذه تشمل نظـام العـرض التليفزيونـى عـالى الفـولت، أجهـزة التليفـزيون الملـونة، الميكروسـكوبات الإليكترونية، أنبوب نقل الإشعاع، أنبوب تعديل الفولت العالى .. الخ.

مـن بـين المـواد المـشعة المـستخدم عـادة والموجـود طبيعـيا هـو اليورانيوم، البلوينوم، استينيوم (**ACTINUM**)، والثوريوم.

تأثيرات الملوث المشع:

إنـه مـنذ اختراع القنبلة النووية فإن الجنس البشرى يواجه التهديد بالحرب النووية. لـذلك، مـن المهـم معـرفة درجـة الـضرر الـذى يمكن أن تسببه الإشعاعات المخترقة ذات الطاقـة العالـية للكائـنات الحية. عند مرور جسم نووى بطاقة عالية أو أشعة جاما خلال أي مـادة، فإنـه يـؤين الـذرات التـى يقابلـها فى طريقة وذلك بقذف الإليكترونات منها.

يتوقف تأثير الملوثات المشعة على:

أ — قوة الإشعاع والتى بدورها تتحدد بدرجة التأين الناتجة عند المرور خلال المادة.

ب — الفترة الزمنية الذى حدث خلالها التعرض بالإشعاع.

جـ — معدل انتشار الملوث الاشعاعى .

د — فترة نصف العمر للملوث الاشعاعى.

هـ – الظروف المناخية.

التلف الذى يحدث لجسم الإنسان بواسطة الإختراق لهذه الأشعة يعتمد على:

أ — الجرعة.

ب – معدل الجرعة.

جـ – الجزء المعرض من الجسم.

فـى حالـة الجـرعات الإشعاعية العالية فإنها يمكن أن تسبب الموت الفورى بينما فى حالة الجرعات المنخفضة فإنها تفسد أو تتلف الوظائف العضوية للجسم.

بـدون حدوث أضرار مستمرة فإن اليد والقدم يمكن أن يتحمل جرعة أكبر من الإشعاع مقارنة بأجزاء أخرى من الجسم.

عـــند مـــرور الإشـــعاعات الـــنووية وأشـــعة إكـــس خـــلال الخلايـــا الوراثـــية (**GENETIC CELLS**) فإنهـا تؤثـر على الكروموزمات (الكروموزوم هو جسم خيطى كروماتينـى يظهـر فـى نـواة الخلية عند الانقسام). عند تأثر الخلايا الوراثية عندئذ تكون

النـتائج خطـيرة لأن الجيـنات أو المـوروثات (GENES) قد تأثرت أى أنه حدث تغير إحيائى وراثى مفاجئ (MUTATION) . وهذا التغير الإحيائي الوراثى عادة ينقل من جـيل إلى جـيل لذلك فإن التلف يكون موروثا بذرية الجيل الذى تأثر. من بين التأثيرات طـويلة المـدى للـتلوث الاشـعاعى هـى الأمـراض الأورام أو المـتعلقة بالـورم أو شـبيه بـه (TUMOUR)، السرطان التغيرات فى النمو.

بعض الخلايا تكون أكثر عرضة للضرر بواسطة الإشعاعات فمثلاً:

أ – النمو النشط للخلايا.

ب – التقـسيم النشط للخلايا (ذلك هو سبب تدمير الخلايا السرطانية بالإشعاع ذلك لأنها كذلك تنسب إلى نوع النمو النشط).

جـ – خلايـا نخـاع العظـام (BONE MARROW CELLS) التـى تنتج خلايا الدم الحية (CORPUSCLES).

د – خلايا الجلد.

هـ – خلايا التناسل والإنجاب.

و – الجنين أو حالة الحمل.

خلايا أخرى الأقل تعرض للتلف بالإشعاع هى:

أ – العضلاب.

ب – العظام.

جـ – الأنسجة العصبية.

القـصف الـذرى للـيابان (عـام ١٩٤٥) نـتج عـنه وفـيات كـثيرة بسبب النمو الضار، إبيضاض الدم (LEUKEMIA) السرطان. كثيرا من الأطفال يحدث لهم تخلف عقلى، تشوة خلقى.

الملـوثات التى تسقط فى الحقول تجد طريقها نحو نباتات غذاء الحيوان التى تنمو فى هـذه الحقـول. الأطفـال الـذين يـشربون اللبن من مثل هذه القطعان يحدث لها تشوه لأن الملـوثات ذات النـشاط الاشـعاعى مـثل الاسترنثيوم ٤٠ تترسب فى العظام بنفس الطريقة مثل الكالسيوم تسبب مرض سرطان العظام.

الـيود ١٣١ يتلف خلايا الدم البيضاء، نخاع العظام، ورم النسيج اللمفاوى، الطحال، وبسبب الأورام، سرطان الجلد، عيوب فى النظر.

الملـوثات المشعة تؤثر كذلك على النباتات والحيوانات. بعض الحيوانات تراكم نويات معيـنة (**NUCLIDES**)، فمـثلاً، المحـار مـن الـرخويات البحـرية يرسـب ^{65}**ZN**، الأسماك ترسب ^{55}**FE** من الرخويات البحرية تلتقط ^{65}**ZN**.

الجدول الآتـى يوضح التعرض الاشعاعى للفرد فى الولايات المتحدة:

المصادر	الجرعة (ملى ريم فى العام)
الخلفية الطبيعية	١٣٠
العلاج الطبى بأشعة أكس	٩٠
إختيارات الأسلحة النووية	٥,١
محطات الطاقة النووية	٠,٠١

الجدول الآتـى يوضح تـأثير الاشعاع على كل الجسم:

جرعة رونجتن	التأثير المحتمل
صفر — ٦٠	الـتأثير المحـتمل، لا تأثير واضح عدا احتمال تغيرات قليلة فى الدم.
١٥٠ — ٢٥٠	القئ ودوار البحـر لمدة حوالى يوم واحد، يليه أشكال أخرى من المـرض الاشـعاعى لحـوالى ٥٠٪ من الأشخاص لا يتوقع حدوث وفيات،
٢٠٠ — ٤٠٠	القئ ودوران البحر لمدة يوم واحد يليه أشكال أخرى من المرض الاشـعاعى لحـوالى ٥٠٪ مـن الأشـخاص. يـتوقع حدوث وفيات بنسبة ١٠٪،
٣٥٠ — ٥٥٠	القـئ ودوار البحر لكل الأشخاص تقريبا فى اليوم الأول ، يليه أشـكال أخـرى مـن المـرض الاشـعاعى، الوفـيات المتوقعة حوالى ٢٥٪.
٥٥٠ — ٧٥٠	القـئ ودورا البحـر لكل الأشخاص فى اليوم الأول، يليه أشكال أخـرى مـن المـرض الاشـعاعى. حـوالى ٥٠٪ وفيات خلال شهر واحد.
١٠٠٠	القئ ودوار البحر لكل الأشخاص خلال ١ — ٢ ساعة احتمال لا يوجد أحياء.
٥٠٠٠	الوهن الفورى وكل المعرضين سيهلكوا خلال ساعة واحدة.

الجدول الآتى يوضح أقصى جرعة إشعاعية مكافئة مسموح بها :

	أقصى جرعة ١٣ أسبوع بالرم	أقصى جرعة كل عام بالرم	أقصى جرعة متراكمة بالرم
مساحات التحكم للجسم.	٢	٥	٥ – ١٨
الغدد، عدسات العين، نخاع العظام الأخمر.	–	١٥	
الجلد بخلاف اليدين والأجزاء الأمامية/ الأيدى.	٢٥	٧٥	
الأجزاء الأمامية.	١٠	٣٠	
أعضاء أخرى، أنسجة وأجهزة عضوية أخرى.	٥	١٥	
مساحات غير محكمة تعرض أحيانا.		٠,٠٥	
حدود الجرعة للسكان		٠,١٧ متوسط	

ليكون الخطر عند أدناه وفى الحدود المقبولة ، فإن أقصى جرعة مسموح بها اقترحت بواسطة المؤتمر الدولى للحماية الإشعاعية وجهات أخرى.

الجدول الآتى يوضح أقصى جرعة مسموح بها :

الأعضاء ذات الأنسجة	إشعاعات الكبار (ريم فى العام)	أعضاء المجتمع (ريم فى العام)
الغدد، نخاع العظام	٥	٠,٥٠
الجلد، العظام	٣٠	٣,٠٠
الغدة الدرقية **THYROID**	٣٠	٣,٠٠
الأطراف	٧٥	٧,٥٠
أعضاء متفردة أخرى	١٥	١,٥٠

التحكم فى التلوث الإشعاعي :

التحكم فى التلوث الإشعاعي يتم بالتفعيل الحازم لإجراءات الأمان الآتية :

(١) الحماية من التعرض الإشعاعي:

المبادئ الثلاث للحماية من الإشعاعات هى المسافة، زمن التعرض، نظام الوقاية لعزل الإشعاع. يقل التعرض مع مربع المسافة من المصدر. زمن التعرض يجب أن يكون أقل ما يمكن لتنفيذ عمل معين. فى حالة المتطلبات السكانية فإن التعرض الكلى يجب أن يكون أقل من أقصى جرعة.

العزل (**SHEIDLING**) هو إيجاد مادة تهدئة كثيفة (مادة عزل) ما بين مصدر الإشعاع والمجال المحيط وذلك لخفض أو لإيقاف مسار الإشعاع. **أثناء الفحوص الطبية يجب تفعيل الإجراءات الآتية:**

أ – التوصيف الطبى لشرائح أشعة أكس يجب أن يكون للحصول على معلومات عن التشخيص الطبى وأن يكون بناءاً على تقديرات للتحليل الطبى.

ب – تجنب أشعة إكس الروتينية مثل:

- الكشف بأشعة أكس على الصدر وأسفل الظهر فى شكل كشف دورى روتينى.
- صور الأشعة على الصدر فى الحالات الروتينية قبل الولادة.
- فحص درنات السل (وعزلها) بالأشعة الصدرية.

جـ – معدة أشعة إكس من أعلا نوع التى تعمل وتصان بواسطة عناصر مؤهلة ومدربه.

د – الحماية المناسبة ليكون التعرض محدودا للجزء المطلوب من الجسم.

الحماية من التلوث الاشعاعى:

الجسيمات المشعة تشكل خطورة عند استنشاقها. فهى تشع فى الجسم باستمرار حتى تنتهى. يمكن خفض هذا باستخدام أغطية الرأس المعملية، مرشحات الهواء، ونظم سحب العادم، تجنب الكنس الجاف، ارتداء ملابس الوقاية ومؤشرات الإشعاع (لمعرفة الكمية الكلية من الإشعاع التى تعرض لها الشخص)، استخدام الأقنعة المانعة لاستنشاق الغاز الملوثة، عند ظهور الحاجة إليها ومنع التدخين وتناول الطعام حيث تستخدم المواد المشعة. دلائل الحماية من الإشعاع للماء والغذاء والهواء هى كالآتى:

أ – الماء: أقصى حد للإشعاع فى مياه الشرب:

الملوث	أقصى مستوى بيكو كورى / لتر
* كلا من الراديوم ٢٢٦، الراديوم ٢٢٨ معا	٥
* النشاط الكلى لجسم ألفا	١٥
* التريتنوم	٢٠
* الاستر نشيوم – ٩٠	٨
* النشاط الكلى لجسيم بيتا	٥٠

ب – الغذاء:

المصادر الرئيسية للإشعاع فى الغذاء هى التى من صنع الإنسان وسقطت على الأرض الزراعية، مادة مثل الاسترنثيوم، السيزيوم، اليود ١٣١، قد تصل إلى النبات خلال الجذور وتجد طريقها نحو الغذاء. ألبان القطعان المنتجة للألبان تكون ملوثة فى حلة أكل الأعشاب والحشائش الملوثة. هذا اللبن يمكن استخدامه فى صناعة الزبد و فى صناعة اللبن المجفف وفى صناعة الجبن.

جـ – الهواء:

تلوث الهواء بالمواد المشعة يمكن أن يكون من الانفجارات النووية، ومن المفاعلات النووية، ومن تصنيع الوقود النووى، ومن التسرب الغير متعمد وكذلك المصدر الطبيعى. أقصى مستوى مسموح به هو ١٠٠ – ١٥٠ **MR** فى العام. الانفجارات النووية واستخدام الأسلحة النووية يجب الحد منها كلية. تسرب العناصر المشعة من المفاعلات النووية ومن محطات إنتاج الطاقة بالوقود النووى يجب مراجعتها من آن إلى آخر.

(٣) المساحة المحكمة:

المساحات المسببة أو التى تسمح بالتعرض الاشعاعى يجب أن يكون الوصول إليها محكم وأن يتم تعليمها " كمنطقة محظورة" أو كمنطقة إشعاع".. الخ. تتم المراجعة بانتظام لمستوى التلوث الاشعاعى فى المساحات ذات الخطورة الكبيرة. العوازل أو الحوائط المقاومة للإشعاع يجب إنشائها لحماية العاملين من المواد المشعة.

(٤) الجمع والتخزين والتخلص:

المواد المشعة يجب أن يتم تحويلها إلى الشكل الغير ضار أو أن يتم تخزينها فى طبقات عميقة من اليابسة (**LITHO SPHERE**) حيث يمكن أن يحدث التحلل التدريجى الغير ضار.

المخلفات السائلة والصلبة يمكن أن يكون مصدرها معامل كشف الأنشطة الإشعاعية (**RADIO SCOPIC**)، مصانع الصناعات الكيمائية، المفاعلات النووية.. الخ. المخلفات الصلبة ذات النشاط المنخفض يتم جمعها فى أوعية مبطنة بالورق أو بالبلاستيك ويتم التخلص منها بطريقة مقننة (الحرق أو الروم الأرض). المخلفات الصلبة ذات النشاط الاشعاعى العالى يتم وضعها فى أوعية محجبة (**SHIELDED**). المخلفات ذات المستوى المنخفض السائلة أو الغازية عادة يتم تخفيفها أو تشتتها إلى أقصى حد مسموح به قبل التخلص. المخلفات ذات المستوى العالى الصلبة والسائلة يتم تركيزها وحفظها. المخلفات ذات المستوى العالى هى غالبا مخلفات سائلة من محطات الطاقة النووية وتظل مشكلة يصعب حلها نظرا الطول عمر النشاط الاشعاعى الموجود.

المخلفات المشعة ذات المستوى العالى يمكن تثبيتها فى مادة صلبة خاملة للتخلص فى ساحة أو إمكان استخدام وعاء زجاجى خاص لتخزينها. هذه الأوعية الزجاجية تظل عند ١٠٠ – ١٥٠ م ويعتقد أنها تظل لملايين السنين. المحاولات هى لتحويل هذه المخلفات إلى مادة زجاجية. يمكن أن يسمح بالتخلص الأرضى للمخلفات ذات المستوى المنخفض والمتوسط مع الظروف المناسبة للتربة، والصخور والمياه الجوفية. طرق التخلص الأخرى التى تؤخذ فى الاعتبار هى الكهوف الواسعة أو المغارات، المنجم العميق، التشققات المالحة، التخلص فى الآبار العميقة وفى المحيطات، ولكن كل من هذه يتطلب تقدير حذر قبل السماح به. لأفضل نتيجة مؤثرة، فإنه يلزم عمل برنامج رصد بيئى والذى يسبقه استطلاع تحضيرى فى وحول المنشأة النووية والذى يفيد فى مراجعة العمليات المختلفة التى يمكن أن تنتج التلوث.

التلوث الاشعاعى هو تهديد خطير للحياة ذلك لأن الأشخاص المعرضين لمخاطر الإشعاع لا يستشعروا النتائج المميتة والغير مرئية. التأثيرات الضارة للإشعاعات يتم الشعور بها لسنوات. بالنظر إلى التدمير الكبير لحياة الإنسان والحيوان والنبات، النتائج المأساوية المتربة على التلوث الإشعاعى، فالحقيقة أنه لا توجد جرعة آمنة ولا علاج للتلف بسبب الإشعاعات ويجب على البشرية التوقف عن السباق فى السلاح النووى.

التلوث الكيميائى:

إن إنتشار استخدام الكيماويات فى الزراعة وفى الصناعة بدون إدراك ومعرفة انعكاسات سمية هذه الكيماويات قد ضاعف من المخاطر التى يتعرض لها الإنسان. الاستخدام المتزايد للكيماويات فى ملايين من مختلف المنتجات التجارية قد ساعد على دخول كثيراً من المركبات الجديدة فى البيئة، بعض منها ينتشر فى كميات صغيرة خلال البيئة بينما البعض الآخر يصبح مركزاً فى أماكن التخلص. طبقاً لقواعد حماية البيئة تشكل تهديداً حاداً لكل الكائنات الحية.

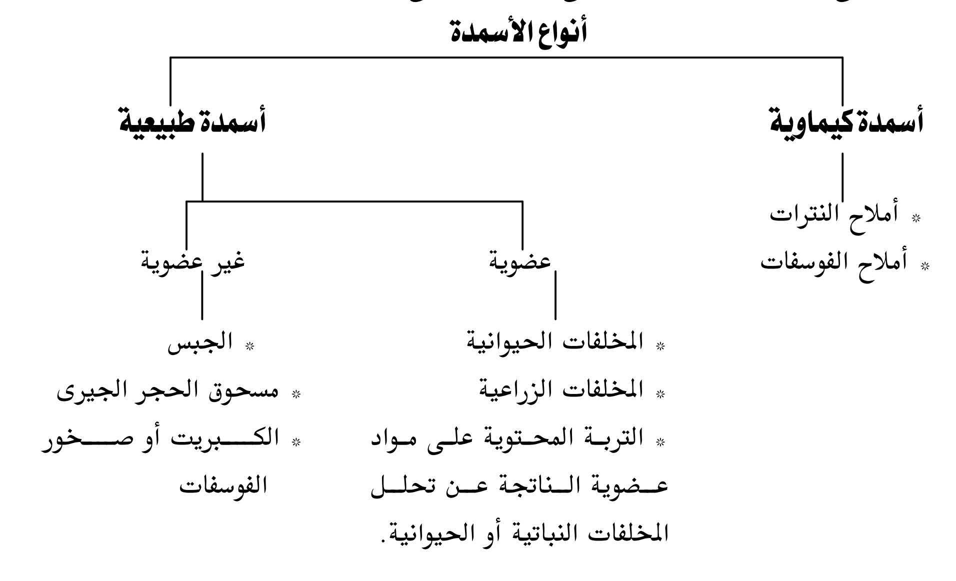
الملوثات الكيميائية من التقنيات الحديثة تكون من المصادر الآتية غالباً:

* الأسمدة.
* المبيدات.
* المنظفات الصناعية.
* المعادن السامة فى المخلفات الصناعية.
* تكنولوجيا صناعة زيت البترول.

١ - الأسمدة:

الأسمدة هى المواد التى تضاف إلى التربة لزيادة خصوبتها ولتحسين نوعية وكمية نمو النبات.

الأسمدة هى أساساً من نوعين كما فى الجدول الآتى:



الأسمدة الزائدة التى لا يستهلكها النبات يتم غسيلها من التربة حيث تلوث مصادر المياه الجوفية. هذه المركبات الكيمائية لا تتحلل بيولوجيا أى أنها تقاوم كما هى لفترات زمنية طويلة وتتراكم حتى الوصول المستويات الضارة عند مرورها خلال المستويات المختلفة للسلسلة الغذائية.

التركيزات العالية من النترات التى يتم استهلاكها خلال مياه الشرب والخضروات الورقية يتم اختزالها إلى النيتريت بفعل البكتريا فى الأمعاء. عند الوصول إلى مجرى الدم فإنها تلتصق مع الهيموجلوبين مكونة مادة معقدة وهى الميثوجلوبين (**METHOGLOBIN**) وهذه المادة تقلل من قدرة الدم على حمل الأكسجين وتسبب حالة مرضية وهى أنيميا الميثوجلوبين أو مرض الطفل الأزرق (القاتل للأطفال الصغار). هذا المرض يتصف بلون الجلد الأزرق بسبب نقص الأكسجين فى الدم (أي الازرقاق — **CYANOSIS**).

فى الأشخاص اليافعين يكون السرطان المعوى فى حالة تحول هذه النترات إلى الأمينات (**AMINES**) و مركبات النيتروزو أمين (**NITROSO AMINES**).

هذا بالإضافة إلى أن أملاح النترات والفوسفات فإنها عند وصولها إلى مجارى الصرف الزراعى السطحية أو إلى المسطحات المائية العذبة من خلال صرف التربة فإنها تكون سامة للكائنات الحية المائية وتحديدا للثروة السمكية. كما أن هذه الأملاح تعتبر غذاءاً جيدا للكائنات النباتية المائية مثل الطحالب وورد النيل بما يزيد نموها وتكاثرها وهذا بالتالى ينعكس بالسلب على المجرى المائى حيث يعيق معدل التدفق للماء فى المجرى المائى والذى بالتالى يقلل من قدرة المجرى المائى على المعالجة الذاتية هذا بالإضافة إلى أن هذه النباتات ذات قدرة عالية على امتصاص الماء بما يقلل من الموارد المائية العذبة المتاحة.

٢ — المبيدات: (**PESTICIDES**)

إن الكائن الحى الذى يسبب الفقد الاقتصادى أو التلف للحياة الطبيعية للإنسان هى الحشرات (**PESTS**) وكذلك المركبات الكيمائية التى تستخدم فى مقاومة الآفات الزراعية والتى تسمى المبيدات الحشرية (**PESTICIDES**). تستخدم المبيدات الحشرية لمقاومة الآفات الزراعية لزيادة الحاصلات الزراعية وكذلك لقتل الحشرات المسببة للأمراض مثل مرض الملاريا، وباء الطاعون، وحمى الضنك **DENGUE — FERER**..الخ.

على أساس طبيعة الكائنات التى يتم السيطرة عليها بواسطة المبيدات فإن المبيدات تنقسم إلى ستة أنواع:

أ — المبيدات الحشرية.

ب — مبيدات الطحالب والأعشاب.

جـ – مبيدات مقاومة الزواحف.

د — مبيدات مقاومة الحيوانات الرخوية.

هـ – مبيدات مقاومة السلكيات أو الخيطيات وهى طائفة من الديدان الأسطوانية التى تتطفل على الحيوانات والنباتات أو تحيا فى التربة أو فى الماء.

وعلى أساس مكوناتها الكيماوية تنقسم المبيدات إلى أربع أقسام:

أ — المواد العضوية المكلورة مثل د.د.ت، الهبتاكلور، الداى الدرين، الأردين، الآندرين، الاردين، الاندرين لمقاومة النمل الأبيض (**TERMITES**).

ب — المواد العضوية الفوسفاتية مثل بارثيون، مالاثيون.

جـ – المواد العضوية بالكارباميت (**ORGANO CARBAMATES**) وتشمل فينيل كاربا ميت، الثيو كاربا ميت.

د — المبيدات الحشرية الغير عضوية: وتشمل الزرنتيخ ومركبات الكبريت.

المواد العضوية المكلورة مثل الـ د. د.ت ، الألدرين، الداى ألدرين، هى مواد خطيرة بسبب طبيعة استمراريتها فى الطبيعة، فهى شديدة الثبات وتتحلل ببطئ شديد جدا أى إنها سميات تراكمية وتسبب مشاكل حادة عند نهاية السلسلة الغذائية.

تركيزاتها تزداد عند مرورها من مستوى غذائى معين إلى المستوى التالى فى السلسلة الغذائية، خلال عملية تسمى التضخيم البيولوجى أو التكبير الحيوى (**BIOMAG NIFICATION**). فمثلا، تركيز المبيد فى الماء يكون منخفضاً. ولكن تركيزه يزداد عند المرور خلال السلسلة الغذائية المتضمنة النباتات المائية، الأسماك، الطيور المفترسة، الإنسان. الداى ألدرين مع التضخم أو التكبير الحيوى البيولوجى فى الطيور الجارحة يؤثر على الأداء الحيوى للكالسيوم (الأيض **METABOLISM**) ونتيجة لذلك فإن البيض الذى تضعه هذه الطيور تصبح لها قشرة رقيقة ولا تستطيع تحمل وزن الطيور الحاضنة (الأبوين) بما ينتج عنه فشل التكاثر.

التركيز العالى لمادة. د. د. ت فى الإنسان هناك شك فى أنها تسبب فشل كبدى، السرطان، زيادة ضغط الدم، نزيف فى المخ (**CEREBAL HAEMORRHAGE**).

الــ د. د.ت توقـف استعماله حالـيا فى كثير من بلدان العالم. المبيدات الحشرية تساهم فـى عدم التوازن البيئى أو الخلل البيئى نتيجة القضاء على الكائنات المفترسة وفريستها. استخدام المبـيدات لفـترة طـويلة ينـتج عـنه حـشرات مقاومة للمبيدات والتى تنتج نسل يحتاج لجرعات عالية من المبيدات لمقاومتها.

لمقاومة المخاطر المصاحبة لصناعة المبيدات فإنه يلزم ضمان نقاء ونوعية المبيد الحشرى وتطابقـه مـع المواصفات القياسية. كما يجب إدراك المعلومات التامة عن المكونات النشطة للمبـيد المـصنع مع إتخاذ الاجراءات الفورية للعلاج وتطوير المنتج فى حالة ظهور مشاكل عند الاستخدام العملى للمنتجات.

٣ – المنظفات الصناعية : (DETERGENTS)

المـنظفات الـصناعية تحـتوى علـى المـادة الأساسـية الفعالـة وهـى المـادة ذات النشاط الـسطحى (**SURFACTANTS**)، فهـى تعمـل علـى خفض الجذب السطحى بحيث ترتبط الجسيمات المسببة للأوساخ بالماء حيث يتم إزالتها بعد ذلك بالغسيل.

بجانـب مـواد النـشاط السطحى فإن المنظفات الصناعية تحتوى على ١٠ – ٣٠٪ من أمـلاح الفوسفات ومواد التبييض لزيادة كفاءة عوامل النظافة. فى الماء، يتم إنتاج الرغاوى عـند تركيـز المـنظف الـصناعى المـنخفض حتى واحد جزء فى المليون، والذى يكون عادة غـير سـام للإنـسان، ولكـنه يظهر فى الأسماك نوع من الاختناق بسبب نقص الأكسجين والذى سببه نقص امتصاص الماء للأكسجين.

مـن أمـثلة المـنظفات الـصناعية (**ALKYL BENZENE SULPHONATES**) (**A B S**) الـذى بـه حلقـة بنـزين (**C6 H6**) والتى لا تتحلل بيولوجيا. مثل أى مادة نـشاط سـطحى فـإن (**A B S**) بـسبب الـرغاوى والزبد فى الماء. مع اعتبار تأثيره الضار علـــى السلـــسلة الغذائـــية فقـــد تم اســـتبداله بمـــادة نـــشاط ســـطحى جديـــدة وهـــى (**LINEAR ALKYL SULPHONATE COMPOUNDS - L A S**) وهـذه مادة قابلة للتحلل البيولوجى.

الأكثـر خطـورة عـن مـادة النـشاط الـسطحى هـو المكـون مـن مـادة الـبولى فوسـفيت (**POLY PHOS PHATES**) للمـنظف الـصناعى التـى تحـتاج إلى استبدالها مـراعاة لآثارهـــا الـــضارة. ولكـــن بعـــد فـــشل قـــبول الـــبديل مـــن مـــادة (**N T A**) (**NITROLO TRI ACETATE**). باعتبار آثارها الخطرة على الإنسان، فقد أصبح الحل المفضل يبدو فى أدنى استخدام الفوسفات فى المنظفات الصناعية.

٤ – المعادن السامة فى المخلفات الصناعية:

الملوثات السامة المؤثرة فى المخلفات الصناعية هى الكادميوم، الزئبق، الألومنيوم، الرصاص، الفضة، الزرنيخ، الباريوم.. الخ. وهذه هى كذلك لها سميه تراكمية حيث تتراكم تركيزاتها فى السلسلة الغذائية، مسبة التسمم الفسيلوجى وذلك بالتصاقها بأنسجة الكائنات المائية (الأسماك).

١ – الكادميوم:

صناعات مادة البلاستيك بى فى سى، خامات الزنك، مصانع النسيج، عمليات الصباغة، الطلاء الكهربى، الكيماويات تطلق الكادميوم فى البيئة. فى بعض التركيزات يكون الكادميوم قاتل للكائنات المائية والكائنات الحية.

تزداد سميه الكادميوم عند اتحاده متعاونا مع معادن أخرى مثل النحاس والزنك. فى الإنسان، ينتج عن تسمم الكادميوم فى فترة تسمم الكادميوم الكامنة تحدث آلام حادة فى منطقة أسفل الظهر وذلك من آن إلى آخر. يلى ذلك فإن الألم مع زيادة وطول الوقت يبقى الألم مستمرا فى مكانه مع ظهور بقع ذات اللون الأسود على الأسنان. فى المرحلة التالية، تبدو شدة الألم المصاحبة لظاهرة مثل انتفاخ الجلد، خشونة الشعر.. إلخ.

شدة وهن العظام، عدم القدرة على حمل وزن الجسم يؤثر على المشى.

فى المرحلة الأخيرة، فإن العظام تصبح هينة ولينة ويتغير شكلها بسبب التغير الكلى للهيكل العظمى ثم الكسور.

٢ – الزئبق:

الصناعات التى تتضمن صناعة البويات، الورق، الأسمدة، المبيدات الحشرية، الصودا الكاوية، الكلور، كل تلك الصناعات تصرف الزئبق فى صرفها الصناعى. مثل هذا الصرف الصناعى الذى يتم صرفه على المسطحات المائية تضع دور الزئبق فى التشغيل فى البيئة. تركيزات الزئبق المخفضة حتى ٠٫٠٠١ ملجرام / لتر معروف أنها تعيق معدل التمثيل الضوئى للنباتات المائية بما ينتج عنه خفض إنتاج الأكسجين فى البيئة المائية.

الزئبق يتحد مع الميثانول سريعا فى البيئة المائية وفى هذا الشكل يمكنه التراكم فى السلسلة الغذائية. قيمته الآمنة هى فقط ٠٫٠٠٢ ملجرام فى اللتر فى مياه الشرب.

الزيادة الحيوية للزئبق هى نتيجة التركيز العالى الغير مقبول فى الكائنات عند أعلا مستوى السلسلة الغذائية.

الـزئبق هـو أقـصى ملـوث مائـى ويعـرف بأنـه يـسبب تـسمم الزئبق فى الإنسان عند تركيـزات تـزيد عـن ٢٥ ملجـرام و عند تركيزات ٢٠٠ ملجرام يصبح قاتلا ويسبب الوفاة الأعراض العامة للتسمم بالزئبق هى:

أ – فقد الذاكرة.

ب – الأرق.

جـ – الوخز فى الأصابع وفى الشفاه.

د – الضعف والإجهاد.

هـ – عدم الارتياح والحساسية.

و – نزيف فى اللثة، ضعف وفقد فى الأسنان.

ز – الرعشة.

ح – إمساك وعدم الارتياح الباطنى.

ط – تلف المخ والعصاب.

٣ - الرصاص:

صـرف مخلفات الطباعة، الطلاء، الصباغة، مواسير البى فى سى، صناعة البطاريات واسـتخراج المعـادن هـذه تلـوث البيـئة بالرصـاص. رغـم أن الرصـاص ملـوث سام إلا أن تأثيراتـه أقل حدة عن سمية الكادميوم والزئبق. استنشاق الرصاص (من عادم السيارات) أكثر سمية عن ابتلاع الرصاص.

وهـو سمـية تـراكمية وعند زيادة التركيز فى العمليات الحيوية فإنه يسبب عيوب فى العظام، تورم الكلى، سمية الجهاز العصبى.

اسـتخدام مواسـير الرصـاص لـنقل مـياه الـصنبور يجـب أن يـتم تجنـبه لـمنع التلوث بالرصاص لمياه الشرب بما يزيد عن الحدود المقررة (٠,٠٥ ملجرام/ لتر).

٤ - الكروم:

الـصناعات التـى تنـتج الـبويات والـصبغات، الـسيراميك، والـزجاج، التـصوير الفوتوغرافـى، الطـلاء الكهربـى هـى الـصناعات التـى يـوجد الكروم فى مياه صرف تلك الـصناعات وتـسبب الـتلوث البيئـى للمسطحات المائية عند صرف مياه الصرف الصناعى فيها.

٥ – الزرنيخ:

الزرنيخ هو من المكونات المستخدمة فى صناعة المبيدات الحشرية، مبيدات الفطريات، مبيدات الزواحف، .. الخ.

الأعراض المصاحبة لتسمم الزرنيخ هى:

أ – الدسنتاريا والإسهال.

ب – فقد الشهية والوزن.

جـ – التهاب الملتحمة، اطن الجفن (**CONJUN CTIVITIES**).

د – تغير لون الجلد.

٦ – الفضة:

صناعة الطلاء الكهربى والتصوير الفوتوغرافى هما المصادر الرئيسية لملوث الفضة. الفضة هى مادة سامة تراكمية وهى سامة للكائنات المائية (الأسماك) وكذلك للإنسان تأثيرات سمية الفضة هى:

أ – عدم انتظام ضربات القلب.

ب – التغير المستمر للون جلد الإنسان.

٧ – باريوم:

الباريوم الذى مصدره مبيدات الزواحف يسبب التلف الكلوى، ارتفاع ضغط الدم، التشنج، النشاط الزائد لعضلات القلب.

٨ – الزنك:

انخفاض الحديد يسبب الأنيميا هو من أعراض سمية الزنك وأعراض تلف الجهاز التنفسى وأنها نتيجة الزنك فى شكل (**ASNICKEL CARBONYL**) الموجود فى دخان التبغ.

تقنيات ذات الأساس البترولى:

إذا الزيادة المتسارعة وما صاحبها من زيادة فى الطلب على المنتجات البترولية قد جعلت من تقنيات تصنيع وتداول البترول ومشتقاته جزءا هاما من اهتماماتها اليومية. فنرى أن مصانع تكرير البترول، زيت عادم السيارات، خزانات حفظ الزيت فى مصانع البتروكيماويات لمخلفات الصناعية البترولية، إنسكابات الزيت من الحوادث، هذا بالإضافة إلى كثافة النقل البحرى للمواد البترولية. كل تلك الأنشطة البترولية ساهمت إلى

حـد كـبير فـى تلـوث البيئة المائية بالزيت. نظرا لأن الزيت لا يذوب فى الماء فإنه يطفو فى طبقات صغيرة وينتشر سريعا فوق سطح الماء. رغم تبخر المكونات المتطايرة ذات الوزن الجزئيـى المـنخفض والخفـيفة مـن الـزيت، فـإن تـأثيرات تلـوث البيئة المائية تظهر فى الآتى:

أ — الـزيت يقلـل انـتقال الـضوء خـلال سطح الماء. نتيجة لذلك فإن قدرة التمثيل الضوئى للنباتات المائية تنخفض بشدة بما يترتب عليه خفض الأكسجين المذاب فى الماء.

ب — الطـبقة الـزيتية علـى الـسطح تعـيق انـتقال الأكـسجين مـن الجـو وبذا تقل مستوى الأكسجين فى الماء.

جـ — إعاقـة الطفـو والعـزل للطير وذلك باختراق الزيت إلى الريش. بسبب تغطية الـزيت لـريش الطـيور المائية فإن هذه الطيور تصبح معرضة للبرد والأمراض وتجد صعوبة فى السباحة، الطفو والطيران.

وبـسبب وصـول الـزيت إلى معـدة الطائـر أثـناء محاولته تناول غذائه فإنه ذلك يسبب تأثيرات سامة على الطيور المائية وقد يتسبب فى موتها.

د — زيادة التركيزات الحيوية فى الأسماك القشرية ينتج عنه تأثيرات سامة.

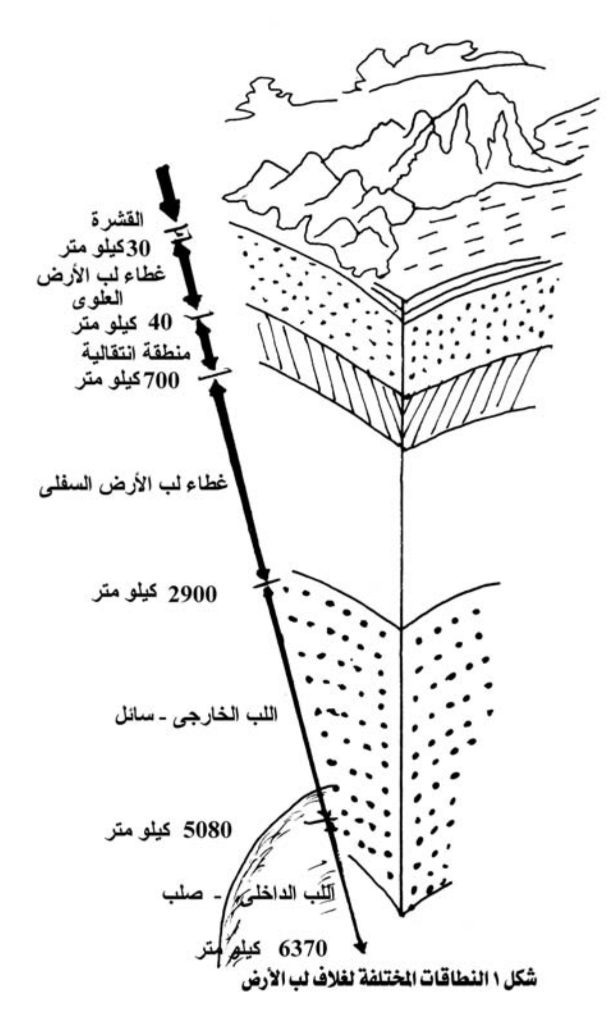
إن الاسـتخدام الغير رشيد لمركبات الكيماوية قد أدى إلى تأثيرات خطيرة على البيئة. إن الـتحكم فى استخدام المبيدات، والمخلفات وتبنى أساليب زراعية أفضل سيساعد ذلك علـى الحـصول علـى بيـئة نظـيفة، مياه نظيفة، هواء نظيف، غذاء غير ملوث، ونباتات وحيوانات صحيحة ومفيدة.

الفصل الخامس

الأرض والمحيط الصخرى (القشرة الأرضية)

(EARTH AND LITHOSPERE)

المكون الصلب للأرض يسمى القشرة الأرضية (**LITHOSPHERE**) وهو يتكون من طبقات مختلفة أى القشرة (**CRUST**)، الغلاف أو غطاء اللب الأرضى (**MANTLE**) خارج اللب (**OUTER CORE**)، داخل اللب (**INNER CORE**). شكل (١/٥).



شكل ١ النطاقات المختلفة لغلاف لب الأرض

القشرة الأرضية هى الطبقة الخارجية الصلبة للأرض، وهى تتكون من أنواع مختلفة من الصخور، والتى فى عمومها لها كثافة ومكونات صخر الجرانيت. لذلك، فإن الطبقة المبطنة أرض القارات تسمى طبقة الجرانيت (**GRANITE LAYER**). الطبقة البازالتيه (**THE BASALTIC LAYER**) التى تضع حدا لأرض المحيطات وهى تكون الجزء الكثيف من القشرة الأرضية والقشرة الأرضية هى الجزء الوحيد الذى يعين على حياه التجمعات السكانية الحيوية (**BIOTIC**) بإمدادهم بالغذاء، الإيواء، وملاذ ووسيلة أمان. لذلك فإن التربة تكون العامل الإيكولوجى الأكثر أهمية.

البناء النطاقى للأرض: (ZONAL STRUCTURE OF THE EARTH)

معظم المعلومات عن بناء ومكونات الأرض تم الحصول عليها تحاليل الموجات الزلزالية (**SEISMIC**) (أو الزلازل). الزلزال ينتج أنواع مختلفة من الموجات، من بينها اثنين يمكن أن تخترق جسم الأرض وهى:

١- الموجات الأولية أو (**P - WAVES**)، والتى تنتقل فى اتجاه انتشار الزلال وذات نطاق صغير (**SMALL AMPLITADE**).

٢- الموجات الثانوية أو (**S - WAVES**) والتى تنتقل فى اتجاه انتشار الزلزال وذات نطاق ضخم (**LARGE AMPLITUDE**).

سرعات الموجات **S " I**، تعتمد على كثافة المادة التى تمر خلالها. فى منطقة عدم التجانس اى تغير كثافة المادة، فإن الموجات **S"P**، تكون معرضة للانعكاس والانكسار (**REFLECTION AND REFRACTION**) – وهذا يسبب تغير فى سرعاتها. بمقارنة سرعات **S " P** ، عند أعماق مختلفة من الأرض فقد تم استنتاج أن البناء الداخلى للأرض غير متجانس ويوجد حالتين بارزتين لعدم التماسك وهما فجوة أو ثغرة (**MOHOROVICIC DISCANTINUITY**)، فجوة أو ثغرة (**WAICHERT - GUTENBERG DISCANTINUITY**). وتلك تسمى عدم الاستمرارية أو الفجوات ذات المرتبة الأولى (**FIRST ORDER**)، وتقسم الأرض إلى الثلاث مناطق الآتية:

أ – القشرة (**CRUST**)، من سطح الأرض إلى فجوة موهوروفيسسك.

ب – غطاء اللب الأرض (**MANTLE**) من فجوة الموهوروفيسيك إلى فجوة ويشيرت جو تبنبرج.

ج – اللب (**CORE**) من فجوة ويشيرت جو تنبيرج إلى مركز الكره الأرضية.

بناء مناطق الأرض موضح فى الشكل (٥/١). ثغرة المرتبة الأولى موضحة بالخطوط المتقطعة. غطاء اللب الأرضى ينقسم إلى الغطاء العلوى والغطاء السفلى بواسطة منطقة انتقالية. المنطقة الانتقالية تمثل كذلك عدم الاستمرارية أو الفجوة. ولكن، نظرا لأن التغير فى الكثافة بين الأغطية العلوية والسفلية للب الأرض ليست كبيرة، لذلك فإن عدم الاستمرارية تلك تسمى " عدم الاستمرارية المرتبة الثابتة (**SECOND ORDER**) كما هو موضح بالخطوط المائلة فى الشكل (٥/١). بالمثل فإن اللب (**core**) هو كذلك مقسم إلى اللب الخارجى (أو العلوى)، والذى هو فى الحالة السائلة واللب الداخلى (أو السفلى) والذى هو فى الحالة الصلبة، بالمرتبة الثانية لعدم الاستمرارية.

القشرة والغطاء العلوى للب الأرض يكونا معاً المحيط اليابس: الغلاف الصخرى وتجاوزا القشرة الأرضية (**LITHOSPHERE**). بعض الخواص الطبيعية للقشرة، غطاء اللب، واللب موضحة فى الجدول (١/ ٥).

المكونات الكيماوية للثلاث مناطق سيتم شرحها فى التالى:

جدول (١/ ٥) الخواص الطبيعية لمناطق الأرض

المنطقة	السمك كيلو متر	الحجم (X ١٠$^{-٢٧}$ سم٣)	متوسط الكثافة جرام/ سم٣	الكتلة (X ١٠^{٢٧})	نسبة الكتلة نسبة مئوية
القشرة	١٧	٠,٠٠٨	٢,٨	٠,٠٢٤	٠,٤
غطاء لب الأرض	٢٨٨٣	٠,٨٩٩	٤,٥	٤,٠٧٥	٦٨,١
اللب	٣٤٧١	٠,١٧٥	١٠,٧	١,٨٧٦	٣١,٥
كل الأرض	٦٣٧١	١,٠٢٨	٥,٥	.٥,٩٧٥	١٠٠

مكونات القشرة الأرضية: (COMPOSITION DFTHE CRUST)

من وجهة نظر الحياة على الأرض، فإن القشرة هى ذات الأهمية الأولى، لأنها تحتوى القارات والمحيطات، التربة والرواسب، الماء والخامات المعدنية.

متوسط مكونات قشرة الأرض من العناصر الهامة موضح فى الجدول (٥/٢).

جدول (٥/٢) مكونات القشرة الأرضية

العناصر البارزة	النسبة المئوية بالوزن	النسبة المئوية بالحجم	النسبة المئوية بالذارت
أكسجين	٤٦,٦	٩٣,٨	٦٢,٦٠
سيليكون	٢٧,٧	٠,٩	٢١,٢
ألومنيوم	٨,١	٠,٥	٦,٥
حديد	٥,٠٠٠	٠,٤	١,٩
كالسيوم	٣,٦	١,٠٠٠	١,٩
صوديوم	٢,٨	١,٣	٢,٦
بوتاسيوم	٢,٦	١,٨	١,٤
مغنسيوم	٢,١	٠,٣	١,٤

العناصر الثمانية الموضحة فى الجدول (٢) تشكل تقريبا ٩٩٪ من إجمالى مكونات القشرة الأرضية بالوزن. من هذه، الأكسجين هو السائد بدرجة كبيرة. القشرة الأرضية تحتوى على مركبات أكسجين ضخمة خاصة السيليكات. سيليكات الألمونيوم، الكالسيوم، المغنسيوم، الصوديوم، والبوتاسيوم، الحديد توجد بوفرة. لذلك فإن السيلكون هو ثانى أكثر العناصر وفرة فى القشرة الأرضية.

كما هو واضح من الجدول (٢)، فإن مكونات الأكسجين تزيد عن ٦٠٪ بالنسبة لعدد الذرات. إذا تم حساب حجم مختلف الذرات (أو الأيونات)، فإن الأكسجين يشكل ٩٠٪ من الحجم. لذلك وبإيجاز فإن القشرة الأرضية هى أساس مستودع أن أيونات الأكسجين فى شكل السيليكات (**silicates**). إذا حاولنا امتداد الجدول (٢) فإن الموضع التاسع سيكون مشغولا بالتيتانيوم، والذى يليه الهيدروجين، ثم الفوسفور، ثم الباريوم و الإسترنثيوم. من المدهش أن بعض العناصر التى تلعب دوراً هاماً فى حياتنا الاقتصادية والمعروفة لمدة طويلة والتى استخدمها الإنسان هى فى الحقيقة نادرة إلى حد ما. فمثلاً، الزركونيوم أكثر وفرة عن النحاس، الرصاص غالبا فى وفرة الجاليوم (**GALLIVM**)، وعناصر التربة النادرة (**LANTHANIDES**) والفاناديوم أكثر وفرة عن الزئبق والقصدير على التوالى. العناصر مثل التيتانيوم والزركونيوم أو عناصر التربة النادرة التى عادة يظن أنها نادرة هى فى الحقيقة موجودة فى القشرة الأرضية بكميات كبيرة ولكنها مشتتة خلال القشرة ولا توجد فى مكان واحد بتركيزات عالية. لذلك فإنها

تسمى العناصر المنتشرة (**DISPERSED**). على الجانب الآخر عناصر مثل الزنك، النحاس أو الرصاص التى عادة يظن أنها وافرة هى فى الحقيقة نادرة إلى حد ما، ولكنها مركزة فى شكل خامات غنية فى أماكن منتشرة فى القشرة الأرضية.

مكونات غلاف لب الأرض: (COMPOSITION OF THE MANTLE)

كما هو واضح من الجدول (٥/١) يمثل غطاء لب الأرض ٦٨٪ من كتلة الأرض. الشكل (٥/١) يبين أن غطاء اللب ينقسم إلى المناطق العلوية والانتقالية والسفلى.

الغطاء العلوى يمتد من عدم الاستمرارية أو عدم التماسك موهوريفيك إلى حوالى ٤٠٠ كيلو متر. هذه المنطقة تحتوى بوفره ثلاث مواد من السيليكات وهم:

- أوليفين (**OLIVINE**) – $(Mg, Fe)_2\ SiO_2$.
- بيروكسين (**PYROXENE**) $CaO.\ MgO.\ 2SiO_2$.
- العقيق (**Garnet**) [$(Ca, Mg, Fe\ Mn)_3\ (Al, Fe\ Cr)\ Si_3\ O_{12}$].

المنطقة الانتقالية تمتد من عمق حوالى ٤٠٠ كيلو متر إلى حوالى ١٠٠٠ كيلو متر المكونات الثلاث للغلاف العلوى للب الأرض أي الأوليفين، البيروكين، الجارنيت يوجدوا كذلك فى هذه المنطقة، ولكن فى شكل كيميائى مطور.

عند عمق حوالى ٣٥٠ كيلو متر، يكون البيروكسين محلول صلب مع الجارنيت (**SOLID SOLUTION**) – عند عمق حوالى ٤٠٠ كيلو متر يحدث تحول مجالى للأوليفين إلى (**B - OLIVINE** $B(Mg.\ Fe)_2.\ SiO_4$. الأخير ينتقل إلى **Y. OLIVINE** $(Mg - Fe)\ SiO_4$. عند حوالى ٥٥٠ كيلو متر. فى المنطقة من ١٠٠٠ – ٦٥٠ كيلو متر المكون من ($Mg_2\ SiO_4$ > **Y - OLIVINE** تختلف نسبتهم إلى سيليكات المغنسيوم (**Mg SiO4**) وأكسيد المغنسيوم (**Mg**). تتخذ سيليكات المغنسيوم (**Mg SiO3**) وأكسيد المغنسيوم (**MgO**). تتحد سيليكات المغنسيوم مع الوميتا (**Al2 O3**) لتكوين محلول صلب.

غطاء لب الأرض السفلى والذى يمتد من عمق حوالى ١٠٠٠ كيلو متر إلى حوالى ٢٩٠٠٠ كيلومتر يتكون من خليط من الأكاسيد المتكونة نتيجة عدم التناسب فى المواد المعدنية للمنطقة الانتقالية تحت الضغط . المكونات الرئيسية هى أكسيد المغنسيوم وأكسيد الحديد والسيليكا.

المكونات الكلية لقشرة لب الأرض يمكن التعبير عنها بالنسبة المئوية للعناصر أو بنسبة الأكاسيد.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups//Biothesis

https://www.researchgate.net/profile//Salam_Ewaid

07807137614



جدول (٥/٣) مكونات غلاف لب الأرض :

مكونات العناصر الرئيسية		مكونات الأكاسيد الرئيسية	
العنصر	النسبة المئوية بالوزن	الأكسيد	النسبة المئوية بالوزن
أكسجين	٤٤	SiO_2	٤٨
سيليكون	٢٣	MgO	٣١
مغنسيوم	١٩	FeO	١٣
حديد	٩,٩	$Al_2 O_3$	٣
كالسيوم	١,٧	CaO	٢,٣
ألومنيوم	١,٦	$Na_2 O_3$	١,١
صوديوم	٠,٨٤	$Cr_2 O_3$	٠,٥٥
كروميوم	٠,٣٨	MnO	٠,٤٣
منجنيز	٠,٣٣	$P_2 O_5$	٠,٣٤
فوسفور	٠,١٤	K_2O	٠,١٣
بوتاسيوم	٠,١١	TiO_2	٠,١٣
تيتانيوم	٠,٠٨	—	—

كما فى حالة القشرة الأرضية، فإن الأكسجين هو العنصر الغالب فى قشرة لب الأرض كذلك. معظم الأكسجين فى الطبقة العاليا للغطاء وفى المنطقة الانتقالية يكون موجودا فى شكل السيليكات، ولذلك، فإن السيليكون هو ثانى العناصر وفرة فى غطاء لب الأرض. ولكن فى الطبقة السفلى للغطاء يكون الأكسجين موجوداً فى شكل أكاسيد. من الجدول (٥/٣) يمكن رسم هذا الاستدلال بالنسبة لعلاقة المكونات بالأكاسيد:

١- أكثر من ٩٠٪ بالوزن من غطاء اللب يتم تمثيله بنظام(SiO_2 - MgO - FeO) ولا تزيد أى أكاسيد أخرى فى غطاء اللب على ٤٪.

٢- إذا تم إضافة المكونات ($Al_2 O_3$ - CaO - Na_2) ، عندئذ فإن ذلك يقدر لأكثر من ٩٨٪ ولا توجد أكاسيد أخرى تزيد عن ٠,٦٪ فى غطاء اللب والأرض.

مكونات لب الأرض : (COMPOSITION OF THE CORE)

اللب الخارجى للأرض يمتد من عمق حوالى ٢٩٠٠ كيلو متر إلى حوالى ٥٠٨٠ كيلو متر بينما اللب الداخلى للأرض يمتد من حوالى ٥٠٨٠ كيلو متر إلى حوالى ٦٣٧٠ كيلو متر الشكل ٠ ٥/١). اللب الداخلى والذى يكون فى الحالة الصلبة، يحتوى تقريبا على الحديد النقى، بينما اللب الخارجى الذى يكون فى الحالة السائلة يحتوى كذلك على

الحديـد بوفـرة. ولكن عند مقارنة كثافة اللب الخارجى بتلك للحديد النقى تحت ظروف الـضغط ودرجـة الحرارة السائدة خلال لب الأرض، فقد وجد أنها أقل بنسبة ٨ — ١٠٪ عـن المـتوقع. هـذا التـناقص يتـضمن بداهة أن اللب الخارجى يحتوى بحوالى ٥ — ١٥٪ عنـصر أو عناصـر ذات وزن ذرى أقـل مـن الـوزن الـذرى للحديد. أحد رفقاء الحديد فى اللـب الخارجـى هـو النـيكل. فـى الواقـع، اللـب الخارجـى معظمـه سبيكة من الحديد والنـيكل. لـذلك، فـإن إضـافة النـيكل للحديـد لا يقـاوم تمامـا التناقص فى قيمة الكثافة الإضـافة التاليـة لعنـصر أخـف يكـون ضـرورياً لـشرح قياسات الكثافة التى لوحظت هذا العنصر الأخف هو موضوع خلاف ومناقشة.

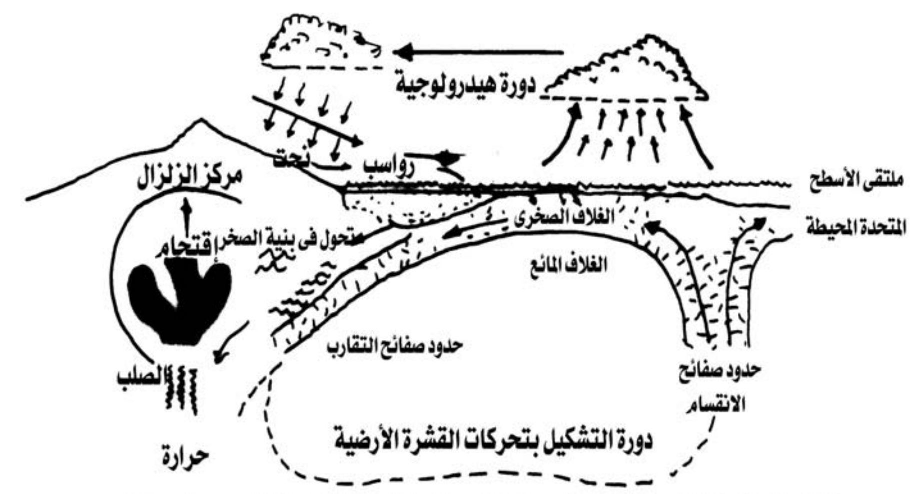
أحـد مـدارس الفكـر تعتـبر الكبريت هو العنصر الخفيف الرئيسى فى اللب الخارجى ولكـن، المـشكلة الكـبيرة التـى تواجه هذه الفرضية هى أن الكبريت عنصر متطاير إلى حد مـا. معامل نقصه هو حوالى ٠,٧. لذلك فإنه من المحتمل أن الكبريت سيكون مستنفذا فى اللـب، حـيث درجـة الحـرارة هـى ٧٥٠٠م تقـريبا. كـذلك، العناصـر مـثل الكـروم، المنجنيـز، الـصوديوم، الـروبيديوم، الـسيزيوم والـزنك والتى هى أقل تطايرا عن الكبريت ولهـا معامـل نقـص منخفض (٠,٠٣ — ٠,٣) لا توجد فى اللب. لذلك فإنه يكون من الـصعب شرح كيف أن الكبريت يتم احتجازه بينما عناصر أقل تطايرا تكون مستنفذة فى اللب.

مدرسـة أخـرى فكـرية اقترحـت أن كـثافة اللـب الخارجـى يمكـن شـرحها إذا كـان المفـترض أنها تحتوى خليط من حوالى ٦٠٪ حديد سائل أكسيد ثنائى (II)، ٤٠٪ سائل مـن سـبيكة (Fe - Ni). سـبيكة (Fe - Ni) لهـا تقـريباً المكـون الآتـى: (Fe: 94.5% Ni 5.5%)

الدورة الجيولوجية: (GEOLOGICAL CYCLE)

خـلال الحقـب التاريخـية والتـى تصل إلى فترة عمرية حوالى ٥ مليارات من السنين، فقد كانـت مـواد الأرض مـستمرة إلى حـد ما فى الخلق، أو الاستمرار، والتدمير لعمليات طبيعـية وكيمائـية وبيولوجـية، باسـتثناء الحقـب القديمـة جـدا لكوكبـنا. العمليات التى أنـتجت كـثيرا مـن مـواد الأرض الـضرورية لحـياة الإنـسان كانت تتكرر من آن إلى آخر. إجمالا، كل العمليات المسئولة عن تكوين مواد تربة جديدة يشار إليها كدورة جيولوجية. الـدورة الجيولوجـية هـى مجمـوعة من الدورات الفرعية والتى تشمل الدورة الهيدرولجية (أي المائـية)، والـدورة البنائـية المعماريـة المـتعلقة بنـشوء الأرض (TECTONIC)، والـدورة الـصخرية (ROCKCYCLE) والـدورة الجيولوجـية الكيمائـية (GEOCHEMICAL CYCLE). دورة شـكل تحـركات القـشرة الأرضـية

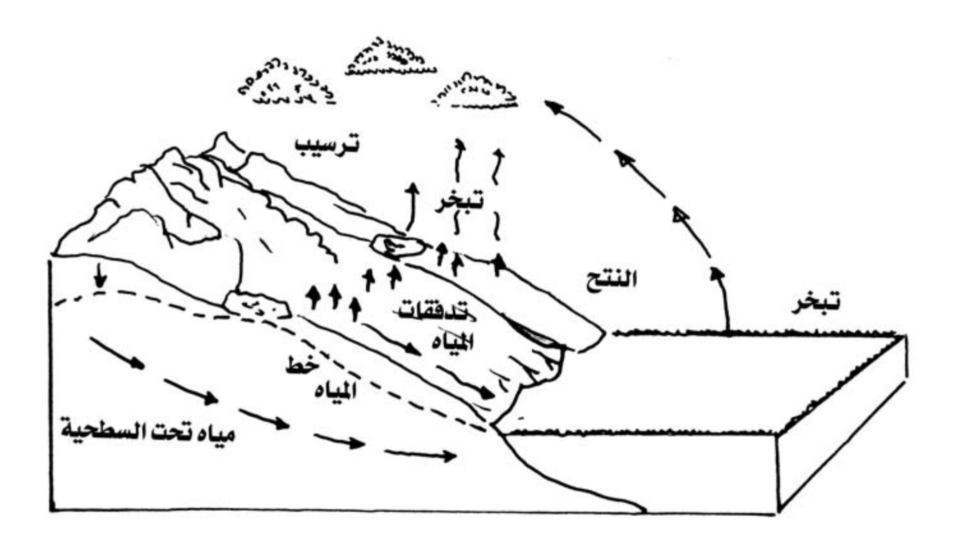
(TECTONIC)، دورة الــــــصخر، الــــــدورة الجيولوجـــــية الكيمائـــــية (GEOCHEMICAL) الشكل (٢/ ٥).



شكل ٢ مخطط للدورة الجيولوجية والدورات الفرعية شاملة الهيدرولوجية والصخرية، دورة التشكيل بتحركات القشرة الأرضية، الدورة الجيولوجية الكيميائية.

الدورة الهيدروليجية: (HYDROLOGIC CYCLE)

تحـرك المـياه مـن الـبحار والمحـيطات إلى الغـلاف الجـو ثـم العـودة ثانيا إلى البحار والمحـيطات بالبخر، التدفق فى المجارى المائية، الأنهار وتدفق المياه الجوفية من خلال دورة تسمى الدورة الهيدرولوجية الموضحة فى الشكل (٣/ ٥).



شكل ٣ مخطط للدورة الهيدرولوجية

جـزء بـسيط فقـط من مياه البحار والمحيطات الذى ينشط فى هذه الدورة. ولكن، تلك الكمـية الـصغيرة من الماء هامة جداً فى تحريك وفرز العناصر الكيمائية فى شكل محلول، تـشكيل المنظـر الطبيعـى الأرضـى (**LANDSCAPE**)، تعـرية الـصخر، نقـاء وترسـيب الرواسب وتوفير الموارد المائية.

دورة التشكيل بتحركات القشرة الأرضية: (TECTONIC)

عمليات التشكيل بتحركات القشرة الأرضية تتم بقوى تنبع من عمق الأرض.

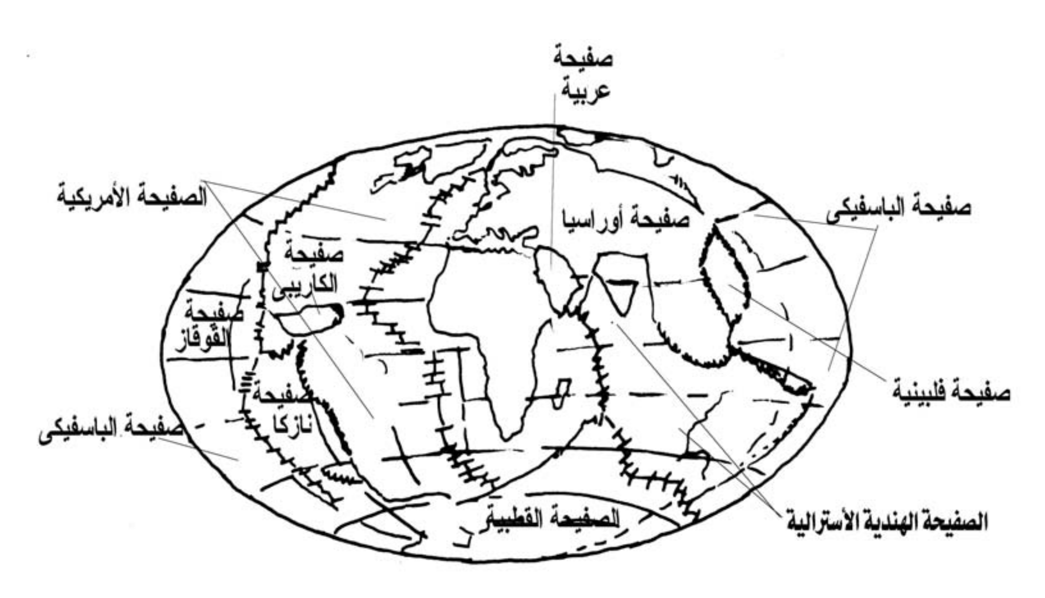
تلـك العملـيات تغـير شـكل القـشرة الأرضـية، منـتجة أشـكال خارجـية مـثل البحار والمحيطات، القارات، الجبال.

نحـن نعـرف الطـبقة الخارجـية للأرض المعروفة (**LITHOSPHERE**) التى يبلغ سمكهـا ١٠٠ كـيلو مـتر. هـذه الطـبقة الخارجـية ليست طبقة متجانسة باستمرار ولكنها تنقـسم إلى أجــزاء مـتعددة ضـخمة، والتــى تـسمى صـفائح تـشكيل القـشرة الأرضـية (**TECTONIC**). الآلية المنتجة لتحرك تلك الصفائح تقع عميقا خلال الأرض.

علـى عمـق حـوالى ٢٠٠ كـيلومتر، تكـون الـصخور سـاخنة إلى درجة أنها تصبح لينة (**PLASTIC**). وأسـفلها اللـب المعدنـى لـلأرض يظـل أكثر سخونة وهذا بسبب تيارات الـرج والخـض البطيـئة فى الطبقات الأعلا، والتى ترتفع إلى أعلا على طول خط الارتفاع الـضغطى (**RIDGE**) ثـم تنـساب إلى الخـارج علـى الأجـناب، حـيث تـسحب أرض المحـيط البازلتـية معه مثل الكتلة الصلبة. هذه الكتل المتحركة من القشرة الأرضية تسمى الصفائح.. معظم تلك الصفائح (**PLATES**) تحمل معها القارات.

الغـلاف الـصخرى الـصلب لـلأرض ينقـسم إلى سـبعة قطع ضخمة والعديد من القطع الـصغيرة. الوصـلات بينها تعلم بخطوط بركانية وتهزها الزلازل ذلك أن كل تلك الصفائح فـى حـركة مـستمرة كـل بالنـسبة للآخـر. تلـك التى تحمل القارات مثل أمريكا، أفريقيا وصـفائح أوراسيا (**EURSIAN**)، تتحرك بمعدل حوالى ٢,٥سم فى العام) (شكل٤ / ٥) تلـك التى تقع أسفل المحيط الهادى تتحرك بسرعة اكثر بمعدل ٥ إلى ٦ أضعاف. حركة القـارات تعرف بالانحراف القارى (**CONTINENTAL DRIFT**). يعتقد أن احدث حادثـة انحـراف كانـت مـنذ ٢٠٠ مليون عـام عـند تكـون القـارة الفائقـة المعروفة باسم (**PANGAFA**). الحـدود الفاصـلة بـين الـصفائح هـى مـناطق نشطة. توجد ثلاث أنواع

رئيسية من الحدود الفاصلة (**BOUNDARIES**) وهى الفلق أو التصدع التحويلى (**DIVERGION**)، اللآم، المتقارب (**CONVERGENT**)، التغير فى الشكل (**TRANSFORM**). حدود اللم أو التقارب تحدث عند دفع أو تحرك أحد الصفائح أسفل الطرف الدليل لصفائح أخرى. حدود التصدع التحويلى تحدث عند حدود المحيطات حيث تتحرك الصفائح بعيدا لواحدة عن الأخرى وتتكون طبقة خارجية جديدة للأرض ٠ **NEW LITHOSPERE**). توجد علاقة متقاربة بين دورة تحركات القشرة الأرضية. دورة تحركات القشرة الأرضية توفر الماء من العمليات البركانية وكذلك الطاقة لتكوين وتغير كثيرا من مواد التربة.

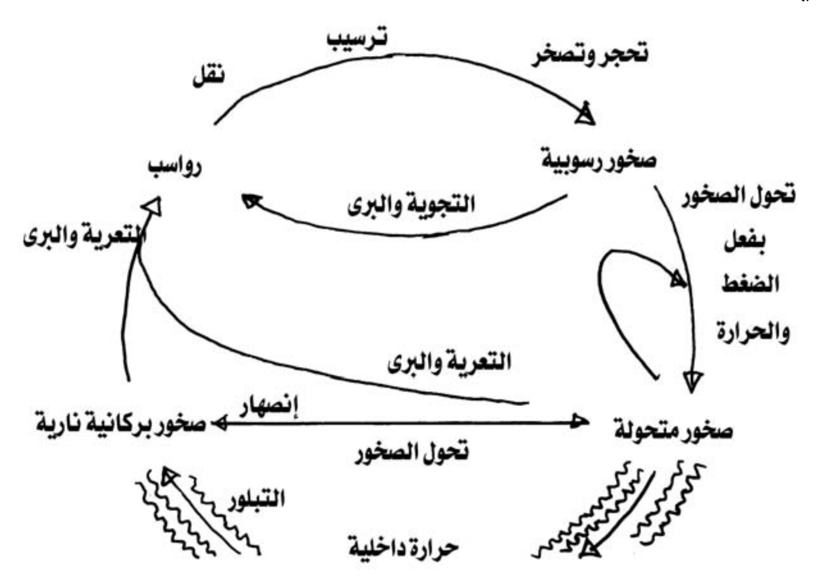


شكل ٥ صفائح التشكيل بتحركات القشرة الأرضية التى تطوق وتغلف الأرض

الدورات الجيوكيمائية والصخرية (GEO CHMICAL AND ROCK CYCLES)

الدورتين الآخرين للدورة الجيولوجية هما الدورات الجيوكيمائية والصخرية الدورة الصخرية هى نتيجة العمليات المنتجة للصخور الرسوبية والتحويلية. الدورات الجيوكيمائية الصخرية موضحة فى الشكل (٥/٥) وكل منهما مرتبط بالآخر ومرتبطين

جـيداً بالـدورة الهيدرولجـية، التـى توفـر المـاء الـضرورى لكـثير مـن العملـيات الطبيعية والكيمائية.



شكل ٥ مخطط للدورة الصخرية

بالاختـصار، مـواد التربـة مـثل المـواد المعدنية، الصخور، التربة والماء كذلك الأشكال الأرضـية مثل أحواض البحار والمحيطات، والجبال هى دائمة الخلق، والاستمرار ولكنها تـتلف بالعملـيات الخارجية والداخلية بما فيها العمليات البيولجية فى أجزاء عديدة من الـدورة الجيولوجـية. لذلك فإننا نرى أن الأرض هى نظام ديناميكى ونظام تطور وارتقاء، ويـتغير فـى إطـار ثابـت طبقا لمبادئ الأساسية بأن طبيعة العمليات الطبيعية لا تتغير مع الزمن (**UNIFORMITARIANISM**).

المواد المعدنية والصخور:(MINERALS AND ROCK)

المـواد المعدنية هى مواد غير عضوية بلورية ذات حدود طبيعية وكيمائية وتوجد بصفة طبيعية.

الـصخور هـى ركـام المعدن أو المواد المعدنية. يوجد أكثر من ٢٠٠٠ مادة معدنية ولكن القلـيل فقط هو الضرورى للتعرف على وتمييز معظم الصخور. حوالى ٧٥٪ من وزن القشرة الأرضـية يكون من الأكسجين والسيليكون، وكلا هذين العنصرين بالاتحاد مع الألومنيوم، الحديـد، الكالـسيوم، الـصوديوم، والبوتاسيوم والمغنسيوم المسئولة عن المواد المعدنية التى

تمثل ٩٥٪ من القشرة الأرضية. المواد المعدنية والصخور هى مواد الأساس لتربة، حيث يتحدد نوع التربة طبقا لمكونات وشكل وبناء تلك المواد.

الدورة الصخرية هى أكبر دورات الأرض. تعتمد هذه الدورة على دورة التشكيل بتحركات القشرة الأرضية (**TECTONIC CYCLE**) للطاقة، الدورة الجيوكيمائية للمواد والدورة الهيدروليجية للماء.

التربة: (SOIL)

التربة هى كتلة المواد الضحلة الموجودة فوق سطح الأرض، والمشتقة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من صخور غلاف اللب الأرضى فى تجمع مع النفايات العضوية (**ORGANIC DETRITUS**)، الماء، الهواء، والكائنات الحية. التربة هى المأوى للكائنات الحية الدقيقة ولحيوانات الجحور. هذا بالإضافة إلى أن التربة توفر المواد لإقامة لعناصر نبات المنطقة وحيواناتها (**BIOTA**).

تطور وتنمية التربة: (DEVELOPMENT OF SOILS)

نحن نعرف أن هناك ثلاث أنواع من الصخور المكونة للتربة، وهى الصخور النارية (**IGNE OUS**)، الصخور الرسوبية (**SEDIMENTARY**) والصخور التحويلية (**METAMORPHIC**). تكون التربة هو نتيجة تفتت أو تعرية الصخور الأصلية بعوامل مساعدة طبيعية أو كيمائية أو بيولوجية. نتيجة لذلك، تتكون حبيبات صغيرة تسمى الثرى (**REGOLITHS**) وهى الطبقة السطحية من المواد الصخرية المفككة. هذا الثرى تحت تأثير عمليات تكون التربة (**PEDOGENIC PROCESSES**) أخير يتطور إلى التربة الناضجة (**MATURE SOIL**). يلى ذلك عمليات تكون التربة التى ستناقش بالتفصيل:

(١) التجوية (التعرية) الطبيعية: (WEATHERING PHYSICAL)

عندما تغير العوامل المناخية مثل درجة الحرارة، والماء، الثلج والجاذبية الصخور فى الثرى (**REGOLITHS**) ولكن لا تسبب تحول كيميائى للصخور فإن العملية تسمى تعرية. وهذه العملية تحدث فى الصحارى، وعند الارتفاعات العالية والبعيدة عن خط الاستواء وخاصة فى الأماكن حيث تنمو النباتات المتناثرة والغير كثيفة فوق الصخور.

(٢) التجوية (التعرية) الكيميائية:

بـسبب الفعل الطبيعى للعوامل الجوية،/ فإن الصخور تكون معرضة للتغيرات الجوية الطبيعـية التـى تحـدث متـزامنة وتـستمر لفـترة زمنـية طـويلة بعـد ذلـك. عندئذ يحدث الكيميائـى للمـواد المعدنـية الأصـلية لـتكوين مركبات معدنية معقدة جديدة. الماء هو أكبر عامـل فعـال وقـوى للـتجوية الكيميائـية. الصخور المذابة مثل الجبس، الحجر الجيرى، وتلك ذات المحتوى الجيرى أو الكلى (**CALCAREOUS**) تحدث لها تجوية بسبب خاصـية الإذابـة للمـاء. الـتحلل المائـى (**HYDROLYSIS**) يـسمح بتـبادل مكـونات الأجـزاء بـين المـاء والمـواد المعدنـية. نتـيجة لـذلك، فإنـه تتكون إيدروكسيدات الحديد، المغنـسيوم والكالـسيوم والألومنـيوم. تحرر الكالسسيوم، المغنسيوم، والبوتاسيوم والصوديوم وكذلك التميؤات **HYDRATION** (، علاوة على ذلك تساهم فى اتجوية الكيمائية.

(٣) التجوية (التعرية) البيولوجية : (**BIOLOGICAL WEATHORING**)

كائـنات دقـيقة معيـنة مـثل الـبكتريا، الـبروتوزوا، الفطـريات والديـدان الخيطـية (**NEMATODES**) والطحالـب التـى تتجمع على الصخور وتحولها إلى نظام ديناميكى مختـزنا الطاقـة ومنتجا للمادة العضوية. أنشطتها تغير البناء الطبيعى للصخور. الطحالب والفطـريات تـستخلص مـواد الغـذاء المعدنـية مـثل الفوسـفور، الكـبريت، الكالـسيوم، المغنـسيوم، البوتاسـيوم، الـصوديوم، الحديـد، الـسيليكون، الألمنـيوم من الصخور. وهذه تتحد مع المادة العضوية حيث تعود ثانيا إلى تطور وتنمية التربة بعد تحلل النباتات.

تكون التربة : (**PEDOGENESIS**)

الـصخور التـى حـدث لهـا تجـوية (تعرية) تتحول إلى الثرى والذى يتحول ثانيا إلى التربـة (**SOIL**). وبـذلك فإن المادة التى حدث لها تجوية يحدث لها عدد من العمليات المعقـدة الجماعـية والمعـروفة بـتكون التربـة (**PEDOGENESIS**). تكـون التربـة يـتم بظاهرة بيولوجية ضخمة أثناء هذه العملية، فإن الكائنات الحية مثل البكتريا، الفطريات والطحالـب والحـشرات والـرخويات (**MOLLVSCS**) تـساهم فـى مختلف التفاعلات الجيوكيميائية، والبيوكيميائية، والتفاعلات الطبيعية الكيمائية (**BIOPHYSICAL**). حيث تنتج CO_2، الأحماض العضوية، والأنزيمات وإضافة مادة عضوية بعد الموت. تلك الأنـشطة تحـول القـشرة الأرضـية التى حدث لها تجوية (تعرية) إلى تربة حقيقية مكونة مـن شبكة من المواد المعدنية مع العديد من المركبات العضوية التى تحمل أعداد كثيفة من

الكائنات الحية الدقيقة. العملية لكونها مستمرة، فإنها تضيف إلى تطور وتنمية التربة، مادة عضوية ومواد معدنية فى شكل طبقات.

العناصر المختلفة التى وجدت فى التربة يمكن تقسيمها كيميائيا كالآتى:

(١) التى ترتبط وتضم الحديد وتسمى (**SIDEROPHILES**).

(٢) التى ترتبط وتضم المواد المعدنية والسلفيدات (**SULPHIDES**) وتسمى (**CHALCOHILES**).

(٣) التى تميل إلى الارتباط بأكسيد الحديد وتسمى (**LITHOPHILES**).

(٤) تلك التى تميل لتكون كمكونات غازية فى الجو وتسمى (**ATMOPHILES**).

لذلك، فإن التطور والتنمية الكاملة لتربة يمكن ملاحظته بعدد من الأفقيات، بالبدء من السطح إلى أسفل. تلك الأفقيات هى التى تمثل شكل المقطع الجانبى للتربة والذى سيتم مناقشته لاحقا.

أنواع التربة: (**SOIL TYPES**):

التربة التى تكونت بعد تجوية (تعرية) الصخور المكونة للتربة تسمى التربة الجنينية الغير مكتملة النمو (**EMBRYONIC**) أو التربة الأولية. وهى يمكن أن تنضج إلى أنواع التربة الآتية:

(١) التربة الرسوبية: وهى تربة ناضجة تقع مباشرة فوق الصخور الأصلية.

(٢) التربة الغير مكتملة النضج (**IMMATURE SOIL**)، وهى التربة التى تمت تجويتها جزئيا.

(٣) التربة المنقولة أو الثانية: عند تحرك المادة الأصلية التى تم تجويتها إلى أماكن مختلفة خلال مختلف الوسائل، فإنها تسمى التربة الثنائية أو المنقولة.

تقسيم التربة: (**SOIL CLASSIFICATION**)

علماء التربة قسموا التربة إلى أنواع مختلفة طبقا لخواصها الطبيعية والكيميائية. التقسيم مفيد للأغراض الزراعية. **طرق علم تصنيف الأحياء (TAXONOMY) أو التقريب السابع يقسم التربة طبقا للنظام الآتى:**

(١) التربة الحديثة وهذه تكون بدون تطور أفقى. كثيرا يكون غرينى قريب متضمنا أنواع من التربة المخلقة وهذه تسمى (**ENTISOLS**).

(٢) المناطق ذات المناخ الرطب والجاف تحتوى هذا النوع من التربة، الذى يتمدد وينكمش مع تغير الرطوبة وتتضمن الطفلة المنتفخة وهى تسمى (**VERTISOLS**).

(٣) التربــة الموجــودة غالــبا فــى المــناخ الــرطب ولكــن يمكــن أن تــوجد مــن القطبــية (**ARCTIC**) إلى المداريــة (**TROPICS**). النباتات المحلية غالبا تكون الغابات. وهى تحــتوى على تراكمات من المواد العضوية. الطبقات الأفقية ليست محدودة وواضحة وهى تسمى (**INCEPTISOLS**).

(٤) التربــة التــى تــوجد فى المناطق الجافة والصحارى. تراكم المواد العضوية ضعيف. الطــبقة التحتــية تحــتوى علــى الجــبس أو كــربونات الكالسيوم. يمكن تراكم مواد أخرى كذلك. وهى تسمى (**ARIDSOIS**).

(٥) التربــة الموجــودة عــادة فــى المــناطق شبة الجافة أو ذات الرطوبة الضعيفة. التربة تتــصف بالمنطقة العليا (**A**) الغنية بالمواد العضوية. الطبقات السطحية تكون كذلك غنية بالقلــويات (**BASES**). وهــى تعــرف بتربــة الــبرارى (**PRAIRIE**). وهــى تــسمى (**MOLLISOLS**).

(٦) وهــذه التربــة تــوجد أسفل الغابات فى المناطق الرطبة. وهى تتصف بالرمال ذات لــون الرماد فوق التربة السفلية. وهى تربة حامضية مكونة من المواد الرملية الأصلية. وهى تحــتوى على مواد غير بلوورية مثل (**IRON ALUMINIUM SESQUIOXIDES**) و الــدوبال (**HUMUS**) المــادة الــسمراء نتــيجة تحلــل المواد النباتية والحيوانية وتشكل الجزء العضوى من التربة. وهذه تسمى (**SPODOSOIS**).

(٧) التربــة الموجــودة عــادة أســفل الغابات فى الماطق الرطبة فى الوسط المدارى. وهى تحــتوى علــى ســطح نطاقــة بنــى أو بنــى رمــادى، تــربة تحتــية رســوبية صلــصالية (**ARGILLIC SUBSOIL**) محــتوية علــى مجمــوع مــن الكاتايــونات مــثل الكالــسيوم والصوديوم والمغنسيوم. وهى تسمى (**ALFISOLS**).

(٨) وهذه التربة محدودة فى المناخ الرطب وتكون أشكال الأرض الأقدم. وهى تتصف بالنطاق الصلصالى مع التشبع القلوى القليل وذات لون بنى مصفر أو بنى محمر وتسمى ٠ **AFISOLS**

(٩) التربــة الموجــودة فــى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية، وهى ليس لها ظواهر إلى حــــد مــــا وتحــــتوى علــــى تــــربة عمــــيقة مغــــسولة (**LEACHED**)، ومائــــية (**HYDRATED**) وهى غنية بأكاسيد الحديد والمنجنيز.

(١٠) التربة العضوية بها الحث (**PEAT**) وهو نسيج نباتى نصف متضخم يتكون بتحلل النباتات تحللا جزئيا فى الماء، السماد الحيوانى (**MUCK**)، المستنقعات (**BOG**).

الخواص الإيكولوجية الهامة للتربة للزراعة هى البناء الطبيعى، خصوبة المحتوى العضوى، كل ذلك يؤثر على حركة الماء والمواد الغذائية. الخواص الأكثر أهمية للتربة للزراعة هى القوة، الحساسية، القابلية للإنضغاط، القدرة على البلى (**ERODIBLITY**) النفاذية، أو القدرة على الصرف، إمكانية التآكل، سهولة الحفر وإمكانية الانكماش والانتفاخ.

أنواع الصخور: (**TYPES OF ROCKS**)

فى تناولنا للدورة العامة للصخر نوقشت ثلاث أنواع من الصخور وهى الصخور النارية (**IGNEOUS**)، الرسوبية (**SEDIMENTARY**) والتحويلية (**METAMORPHIC**).

- الصخور النارية تبلورت من الكتلة المتحركة التى تحدث طبيعيا من مادة التربة الشبه سائلة (**QUASILIQUID**) المعروفة باسم الماجما أى الصخر البركانى المنصهر (**MAGMA**). عند تبلر هذا الصخر المنصهر تحت سطح الأرض فإنه يتكون صخر متداخل نارى أو بركانى (**INGNEOUS**). مثل صخور الجرانيت. ولكن صخور التداخل النارية (البركانية) هذه تتكون عند وصول الصخر البركانى المنصهر (**MAGMA**) إلى السطح وتدفع خارج البركان أو أنقاض الصخور البركانية وتسيل فى شكل حمم بركانية (**LAVA**). مثال للصخور البركانية يشمل الصخور البازلتية.
- الصخور الرسوبية تتكون عند تجوية (تعرية) الرواسب، وانتقالها ورسوبها ثم تتحول إلى الصخر بواسطة التماسك والالتصاق الطبيعى، والإنضغاط وآلية أخرى. العمليات البيوكيميائية تكون واضحة خاصة فى تعرية، ترسيب، والتصاق وانتقال الرواسب.

يوجد نوعين رئيسيين من الصخور الرسوبية وهما:

- المتعلق بفتات الصخور (**DETRITAL**) الرسوبية التى تتكون من أجزاء الكسر للصخور الموجودة أصلا.

• الـصخور الرسـوبية الكيميائـية (CHEMICAL SEDIMENTARY) التـى تـتكون مـن العملـيات الكيميائـية أو البيوكيميائية التى تزيل المواد المحمولة فى المحلول الكيميائى.

• الـصخور المكـونة من أجزاء كسر الصخور تشمل الطين الصفحى (SCHALE) وهـو صـخر مـشكل مـن صلـصال ويتميـز بـسهولة انفلاقـه إلى طـبقات، والحجـر الرملى (LIMESTONE) وخلـيط، بيـنما الصخور الرسوبية الكيميائية تشمل الحجر الجيرى والملـح. يـتكون الملـح الـصخرى عـند جفـاف الـبحيرات المالحـة أو المـساحات البحـرية الضحلة.

• الـصخور التحويـلـيلة هـى صـخور حـدث لها تغير. الحرارة ، الضغط، السوائل ذات النــشاط الكيميائـــى الــناتجة فـــى دورة التـــشكيل بتحـــركات القـــشرة الأرضـــية (TECTONIC) يمكـن أن تغـير شـكل والتركـيب المعدنـى للـصخر. ويترتب على هذا إنتاج صخر جديد. **يوجد نوعين من الصخور التحويلية وهما:**

• الـصخور الورقـية (FOLIATED ROCK) والـصخور الغـير ورقـية. الصخور الورقـية تكـون فـى طبقات مـثل صفحات الكتاب مثل، الإردواز (SLATE)، الشست (SCHIST) وهـو صـخر متبلـر يـنفلق بـسهولة إلى طـبقات، النايس (GNEISS) وهو صـخر صـوانى. الـصخور الغـير ورقية تحدث بدون أي حيود تفضيلى أو عزل للحبيبات المعدنية مثل الرخام، وصخر الكوارتز (QUARTZITE).

أنواع المواد المعدنية: (TYPES OF MINERALS)

لـتفهم الطـبقة الخارجـية لـلأرض (LITHOSPHERE) كجـزء مـن البيـئة، فإنه يجـب أن نـتآلف مـع بعـض الخـواص الكيمائـية والطبيعـية للمـواد المعدنـية الرئيـسية (MAJOR MINERALS) نظـرا لأنهـا مـرتبطة بالخـصوبة بالإضـافة إلى قدرتها على الإمساك بالماء وإمكانيتها كمصدر أو ملوث.

* **السيليكات :** (SILI CATES)

الـسيليكات هـى مـن أهـم مـواد تكـوين الصخور. السيليكات الثلاث الأكثر أهمية فى تكـــوين الـــصخور هـــى (الكوارتـــز)، الفلدســـبار، الفيرومغنـــسيوم (QUERTZ, FELDSPAR. FERROMAG NESIUM).

* **الكوارتز:**

الكوارتـز هـو واحـد مـن أهـم المـواد المعدنـية الموجودة بوفرة فى القشرة الأرضية، وهو عموما صلب، مادة معدنية ذات مقاومة مكونة كلية من السيليكون والأكسجين. وهو عادة أبـيض أو رائـق، ولكن بسبب الملوثات يمكن أن يكون مائل إلى الحمرة، أو الأرجوانى أو أى لون آخر.

نظـرا لأن الكوارتـز له مقاومة عالية ضد العمليات الطبيعية التى تؤدى إلى تفتت معظم المواد المعدنية، فإنه المادة المعدنية العادية فى رمال النهر ومعظم رمال الشواطئ.

*** الفلدسبار:**

مجمـوعة الفلدسـبار هـو أهم المجموعات والأكثر وفرة فى القشرة الأرضية التى تساهم فـى تكـوين الـصخور، وهـذه هى الألمنيوم سيليكيت للصوديوم، البوتاسيوم، والكالسيوم، (**ALUMINOSILI CATES**). وهـى عمـوما بيـضاء، رماديـة أو ذات لـون قرنفلى، وهـى صـلبة إلى حـد مـا. الفلدسـبار مادة معدنية هامة تجاريا فى صناعة السيراميك وفى صناعات أخرى.

الفلدسـبار يتفـتت كيماويا ليكون الطفلة، والتى هى ألومنيوم سيليكيت المائية. الطفلة تسبب مشاكل كثيرة ولكنها مفيدة كذلك. فمثلا بعض الطفلة يتمدد وينكمش إلى حد كبير مـع الـبلل والجفـاف، الـتغيرات الـناتجة فـى الحجـم قـد تـتلف إنشاءات مثل المنازل، الـشوارع.. الخ. علـى الجانب الآخر الطفلة ذات أهمية بالغة للحياة. بعض العلماء يعتقد أن الطفلة لعبت دوراً هاماً فى أصل الحياة. بنائها الداخلى الدقيق حيث تتجمع العناصر الكيمائية وتحتجز، كثيرا من الدلائل نحو مساهمتها فى التكوين الأولى للإنسان. وقد ورد فـى آيـات القـرآن الكريم أن الإنسان خلق من طين. واليوم فإن قدرة الطفلة على احتجاز العناصر الكيمائية الضرورية للحياة هى عامل هام فى خصوبة التربة.

*** الفيرو مغنسيوم:**

هـذه المـواد المعدنـية هـى مجموعة السيليكات التى فيها يتحد السيليكون والأكسجين مـع الحديـد والمغنـسيوم. عمـوما تـوجد كمـواد معدنية داكنة فى معظم الصخور، وهى لا تقاوم التجوية (التعرية) ولا تقاوم عمليات البرى والحك ولذلك تميل إلى التغير أو الإزالة بـسرعة إلى حـد مـا. نـواتج التعـرية العاديـة هـى الأكاسـيد، مـثل أكـسيد الحديـد (اللـيمونايت) وهو الصدأ، الطفلة، والأملاح المذابة. مواد الفيرومغنسيوم عند توفرها يمكن أن تنـتج صـخور ضـعيفة، بمـا يـتطلب الحـذر فـى تقييم مواقع الإنشاء للطرق السريعة، الأنفاق، الخزانات عند وجود هذه الصخور.

* **الكربونات :** (**CAEBONATES**):

من وجهة النظر البينية أكثر أملاح الكربونات أهمية هو الكالسيت (**CALCITE**)، والذى هو كربونات الكالسيوم. معظم كربونات الكالسيوم تكونت بالنشاط البيولوجى. بعض الكائنات الحية تستخدم كربونات الكالسيوم مباشرة فى العظام، الصدفيات، حيث ترسب. كائنات أخرى مثل الطحالب، تحدث تغيرات فى كيمياء الماء التى تسهل ترسيب كربونات الكالسيوم. الكالسيت هو المكون الرئيسى للحجر الجيرى والرخام، وهما من أهم نوعين من الصخور. نظرا لأن الماء يمكنه تجوية (**WEATHER**) الكالسيت بإذابته (أى وضعه فى محلول)، فإن كلا من الحجر الجيرى والرخام يمكن أن يكون لهم كهوف أو حفر محلول مصاحباً لهم. نظم الكهوف أو التشققات يمكن أن تحمل المياه الجوفية، ومشاكل تلوث المياه فى المناطق الحضرية فوق الطبقة الصخرية من الحجر الجيرى معروفة جيدا. كذلك، فإن إنشاء الطرق السريعة، الخزانات، والإنشاءات الأخرى تواجه مشكلة فى حالة مصادفة مثل هذه الكهوف.

* **السلفيدات:** (**SULPHIDES**):

السلفيدات مثل البيريت (**PYRITE**) أو سلفيد الحديد (الذهب الزائف) عادة يصاحبه مشاكل بيئية خطيرة، وخاصة عند القطع خلال هذا الصخر فى حالة الطرق، الأنفاق أو المناجم كما فى حالة مناجم الفحم التى تحتوى على السلفيد. عند الالتصاق مع المياه السطحية أو الهواء، فإنه يتأكسد إلى مركبات مثل إيدروكسيد الحديديك وحامض الكبريتيك. المياه الحامضية المنتجة عندئذ هى مشكلة كبيرة فى مناطق الفحم.

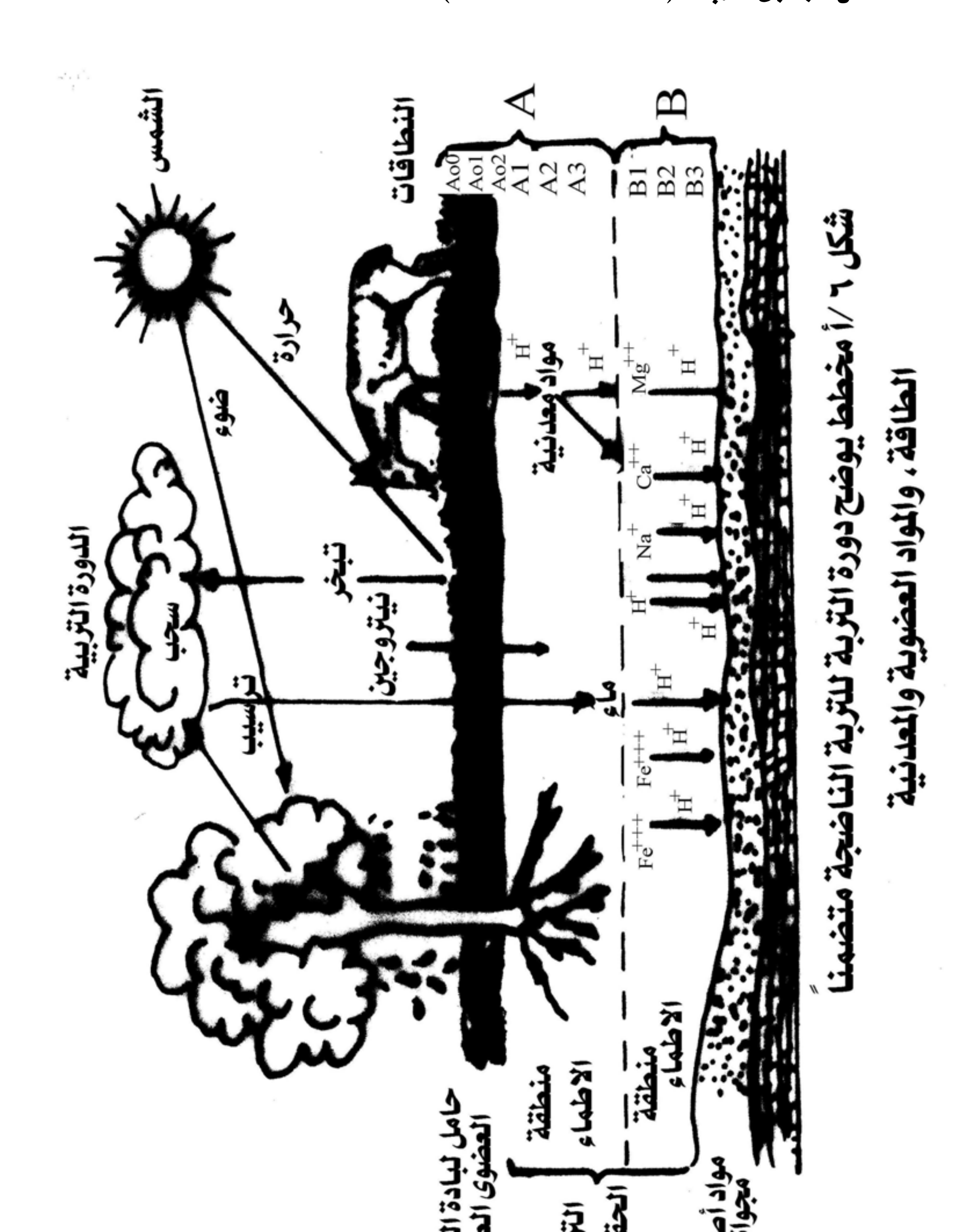
* **الأكاسيد المعدنية:** (**METAL OXIDES**):

العناصر المعدنية تتفاعل مع الأكسجين الحر فى الجو لتكوين الأكاسيد المعدنية. بعض أهم المصادر المعدنية الهامة تحدث بهذا الشكل. فمثلا، الحديد والألمنيوم، أهم المعادن فى الصناعة كلاهما يستخرج من الرواسب التى هى اكاسيد تلك المعادن.

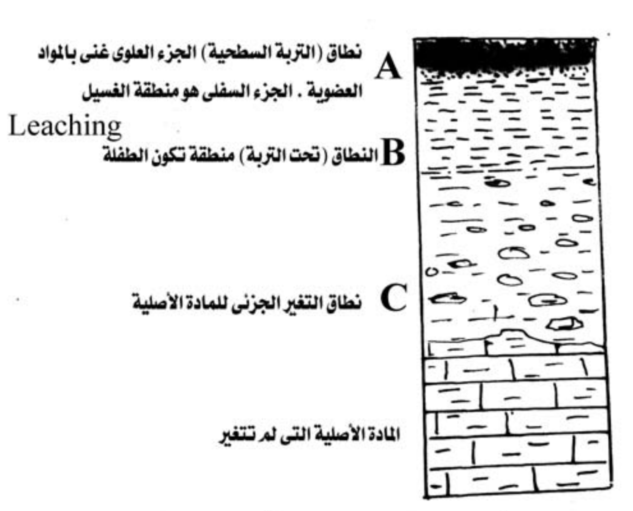
العناصر الطبيعية: (**NATIVE ELEMENTS**)

المجموعة الأخيرة من المواد المعدنية تشمل عناصر طبيعية غير عادية مثل الذهب، الفضة، النحاس، الماس، التى لها شهرة واسعة كمواد ثمينة. العناصر الطبيعية تحدث عموما فى تركيزات صغيرة، ولكن أحيانا توجد بكميات كافية مكافئة ومبررة لعمليات استخراجها. مع الاستمرار فى استخراج هذه العناصر الثمينة فى الترسيبات ذات الدرجة المتدنية، فإن الأثر البيئى سيستمر فى الزيادة.

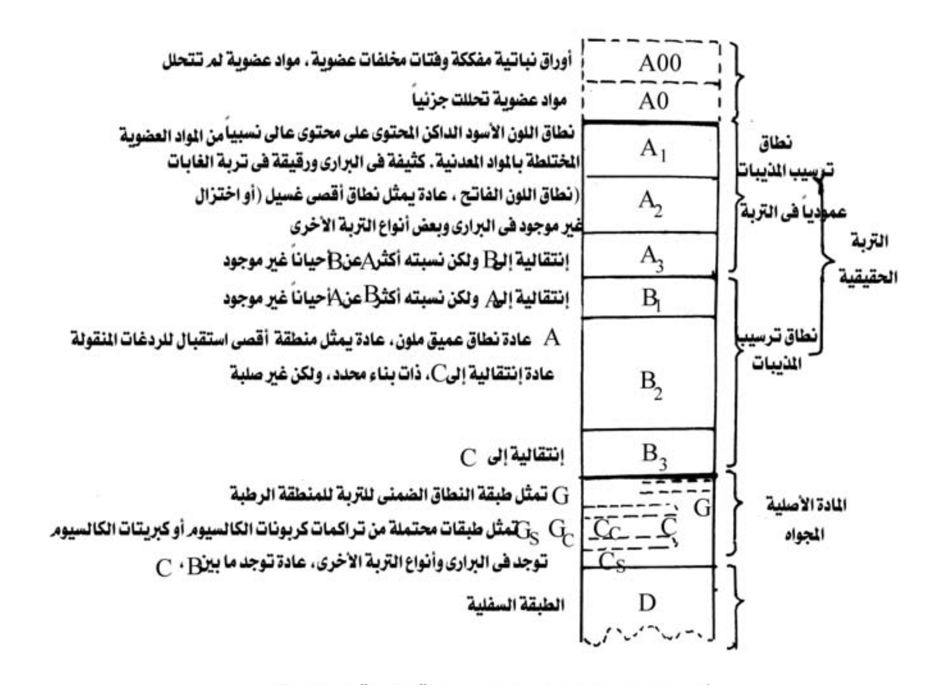
القطاع الجانبى للتربة : (SOIL PROFILE)



شكل ٦ /أ مخطط يوضح دورة التربة للتربة الناضجة متضمناً الطاقة ، والمواد العضوية والمعدنية



شكل ٦ ب مقطع جانبى للتربة يوضح النطاقات
A، B ، C



الجزء من التربة الذى يكتسب خواص طبيعية وكيمائية معينة يسمى نطاق تربة (SOIL HORIZON)، من السطح إلى أسفل مع بعضهم فى تتابع طبيعى، فإن تلك النطاقات تشكل النطاق التربى أو نطاق التربة (SOIL HORIZON). ولكن نطاق التربة يتطور كنظام متناغم ومتناسق. النطاقات المختلفة ملتصقة مباشرة مع جيرانها وتتأثر بهم بسهولة. القطاع الجانبى للتربة ينشأ من طبقات مختلفة من مادة متطابقة أو غير متطابقة (متراصة فى طبقات أو غير متراصة)، موضوعة فوق بعضها البعض ميكانيكا وكذلك من الصخور السفلية. الخواص المميزة الطبيعية التى يتصف بها نطاق التربة هى التركيب أو البناء (STRUTURE)، القوام (CONSISTENCY) ، المسامية (POROSITY)، النسيج التركيبى (TEXTURE)، واللون عموما التربة والنطاقات التالية شكل (٥/٦).

النطاق O: (O HORIESON):

النطاق العلوى من القطاع الجانبى للتربة يسمى النطاق **O** أو منطقة النفايات والفضلات (LITTER ZONE). وهى توجد فى تربة الغابات ولكنها لا توجد فى الصحارى، الأراضى النجيلية، والحقول المزروعة وهذه تنقسم إلى طبقتين.

(١) النطاق O_1 أو النطاق Ao:

وهذا هو الطبقة العليا للتربة التى تحتوى مستويات مفككة وأعشاب عضوية التى إلى حد كبير لم تتحلل:

النطاق O_2 أو النطاق **Ao**:

الـنطاق O_2 يقـع أسـفل الـنطاق O_1 ويحـتوى جـزئيا أعشاب عضوية تحللت. الجزء العلـوى لهذا النطاق وتكون المواد العضوية نصف متحللة وتسمى (**duff**). الجزء السفلى يكون تام التحلل وتسمى الدبال (**humus**)، وهذه هى موطن الحيوانات الصغيرة.

(٢) النطاق **A** (**A HORIZON**):

وهـو موجود أسفل النطاق العلوى ويسمى سطح التربة أو جزء التربة العلوى (**TOP-SOIL**). وهـى مـنطقة التفتت السفلى (**ELVVIATION**)، مستوى مرتفع نسبيا من الـمواد العـضوية ولكـنها مخـتلطة مـع المـادة المعدنية وهذه تنقسم ثانيا إلى المناطق الفرعية التالية (**SUBZONES**):

النطاق AI : (AI HORIZON)

الخلـيط فـى هذه المنطقة المواد العضوية تاقة التحلل (الدبال – **HUMUS**)، والمواد المعدنية مع البكتريا والفطريات يسكن هذه الطبقة.

النطاق A2 : (A2 HORIZON)

وهـو يحـتوى علـى مـواد دبالـية أقـل ويسمى كمنطقة ذات. أقصى غسيل (**MAX LEACHING**) لأنه يتم إزالة سيليكات، وأكاسيد الحديد والألمنيوم عند أعلا معدل.

النطاق A3: (A3 HORIZON)

وهـو إنـتقالى للـنطاق **B** ولكـنه يشبه النطاق **B** أكثر منه للنطاق **A**. أحيانا يكون غير موجود إطلاقا.

(٣) النطاق **B**: (**B HORIZON**)

إنـه الـنطاق التحتـى التربـة، المـنطقة حـيث المواد التى تم غسيلها من النطاق **A** ثم ترسـيبها وإثـراءها. لذلك فإنها تسمى نطاق التفتت. وهى عميقة وملونة وتمثل النطاق ذو أقصى استقبال للغرويات (**Colloids**) المنقولة.

(٤) النطاق **C**: (**C Horizon**):

يقـع أسـفل الـنطاق **B** الـصخور المفتـتة أو الرواسـب التـى تعمل كمادة المصدر للجزء المعدنـى مـن التربـة وهى تسمى النطاق **C** أو(**REGOLITH**) أى الثَّرى: أى الطبقة السطحية من المواد الصخرية المفككة.

(٥) النطاق D: (D HORIZON):

الطبقة الصخرية التى لم يحدث لها تعرية أو تفتت تكون النطاق **D** أحيانا تسمى كذلك النطاق **B**. كثيرا من التربة الغنية فى إنتاج القمح فى العالم (**GRANARIES**) تم نقلها وترسيبها بواسطة الرياح.

تعرية التربة : SOIL EROSION:

تعرية التربة هى عملية قديمة قدم الأرض نفسها. التربة تشكل غلاف كيميائى حيوى (**BIOCHEMICAL SHELL**) حول الأرض والمياه الضحلة. إنه نتيجة تفاعلات المادة الحية مع الصخور. وهى تؤثر بشدة على نمو الكائنات الحية، خاصة النباتات، وبالتالى تتأثر بنشاط هذا الأخير. التمدين، التصنيع والأنشطة التنموية الأخرى قد حولت التربة الخصبة إلى تربة قلوية أو ملحية غير مناسبة للزراعة أكثر من ٢٥ مليون هكتار من مثل هذه الأراضى القاحلة توجد حاليا فى جميع أنحاء العالم. الفقد فى التربة الذى سببه عدد من الأنشطة يسمى تعرية التربة.

طبقا لبعض التقديرات حوالى ٤٤٪ فقط من الأرض يستخدم فى الزراعة ٥٦٪ غير مناسب فى الزراعة. تعرية التربة يكون عاليا فى المساحات عالية التلوث. تعرية التربة تتم بمعدل ٢٥٠٠ طن فى العام.

تعرية التربة هى واحدة من أهم المشاكل البيئية الحادة. دراسة أحمال الرواسب من معظم الأنهار الجدول (الأتى) أظهر أن نهر الصين الأصغر يحمل ١,٦ مليار طن من التربة نحو المحيط كل عام.

جدول يوضح حمل الرواسب لمعظم النهار

النهر	المدينة	الحمل السنوى للراسب (مليون طن مترى)
الأصفر	الصين	١٦٠٠
جانج	الهند	١٤٥٥
أمازون	عديد من الدول	٣٦٣
مسيسيبى	أمريكا	٣٠٠
النيل	عديد من الدول	١١١

أنواع تعرية التربة: (TYPES OF SOIL EROSION)

فقد التربة يمكن أن يحدث بطرق مختلفة. ولكن، كل أنشطة تآكل وتعرية التربة يمكن تصنيفها كالآتى:

(١) التعرية الجيولوجية للتربة:

تحدث العمليات الجيولوجية باستمرار مسببه فقد طبيعى للتربة. ولكن، هذه عملية بطيئة ولا تحدث اضطراب فى حالة الاتزان بين فقد التربة ومكونات التربة. الأنشطة الآدمية ليس لها دور فى هذه العملية.

(٢) التعرية المعجلة للتربة:

عملية تعجيل تعرية التربة تتم نتيجة التحضير، التصنيع، إزالة الغابات، إنشاء السدود، الطرق والأنشطة الآدمية الأخرى. الفقد فى التربة يكون عاليا جدا عن معدل تكوين وبنية التربة. حاليا توجد الأسباب الرئيسية لتعرية التربة.

(٣) تعرية التربة بفعل المياه:

المياه الجارية عامل مساعد هام فى تعرية التربة. تيار الماء الذى مصدره الجبال المرتفعة والذى يحمل كم من الرواسب. فى رحلته إلى أسفل فإنه يحمل كثيرا من الكتل الصخرية وكسر الأحجار والرمال والطفل إلى أماكن بعيدة على طول مسار المياه، بما ينتج عنه تعرية التربة. بالمثل الأنهار الكبيرة مصدرها الجبال، تتدفق خلال المساحات السفلية وأخيرا تصل إلى البحر. كل هذا المجرى يمكن تقسيمه إلى مسارات علوية، وسطى وسفلية. فى المجرى العلوى، تسقط المياه إلى أسفل من ميل مرتفع مسببة أقصى أداء تعرية. وجود الصخر الصلب فى مسار النهر يجعله يقفز مكونا منحدرات النهر (**rapids**). عند سقوط مياه النهر راسيا أثناء مسارها فإنه يتكون شلال المياه (**WATER FALL**). الأمثلة الواضحة هى شلالات نياجرا فى شمال أمريكا وشلالات فيكتوريا فى جنوب أفريقيا. منحدرات المياه والشلالات تساهم فى عملية تعرية التربة.

فى المجرى المتوسط يكون النهر أقل انحدارا، أكثر اتساعا ويكون أرض متسعة فى الوادى. فى حالة الفيضان، تفيض المياه من النهر على الجانبين وتسمى السهول الفيضية (**FLOOD PLAINS**). السهول الفيضية هى دائما ضحايا تعرية التربة.

فى المجرى السفلى، يكون ميل الوادى لطيفا. لذلك فإن النهر لا ينقل الترسيبات فى قناة. بسبب ترسيبات الرواسب فإن القناة يتم إعاقتها ويقسم النهر نفسه إلى عدد من

الأفرع أو الترع (DISTRIBUTARIES). الترعة هى فرع من النهر الرئيسى بينما الرافد هو الذى يتصل بالنهر الرئيسى. قبل الدخول إلى البحر، فإن تلك الأنهار ترسب كل الحمل من الرواسب عند الفم بما يوجد سهول ضخمة غرينية المعروفة بالدلتا.

لذلك فإن النهر له أقصى تعرية عند المجرى العلوى.. فى المجرى المتوسط يحدث توازن بين التعرية والترسيب وفى المجرى السفلى، الترسيب يكون أعلا من التعرية.

(٤) تعرية التربة بالمياه الجوفية:

المناطق ذات الصخور القابلة للذوبان فى الماء من الحجر الجيرى تواجه تعرية للتربة بسبب المياه الجوفية. الأمطار تذيب الحجر الجيرى بما يؤدى إلى تكوين الأخاديد (FURROWS). الأسطح الغير منتظمة من الصخر تسمى جروف صخرية(CLINTS)

(٥) تعرية التربة بواسطة المجلدة أو نهر الجليد: (BY GLACIERS)

تدفق والتحرك البطئ لنهر الجليد الصلب يمكن أن ينقسم إلى أربع مجموعات وهى: الأنهار الجليدية القارية، الأنهار الجليدية (ICE CAPS)، الأنهار الجليدية الواقعة فى سفوح الجبال (PIED MONT GLACERIES)، وأنهار الوديان الجليدية. الجليد المسلح بالرمال والزلط وقطع الصخور يسبب التعرية.

(٦) تعرية التربة بالرياح:

فى المناطق الجافة أو شبه الجافة، تكون حبيبات التربة فى شكل حبيبات مفككة وذلك لنقص الرطوبة والنباتات. وهنا تهب الرياح بسرعة عالية وعلى مساحة كبيرة. تحمل معها حبيبات الرمال إلى مسافات طويلة. تأثير الرياح يتوقف على حجم الحبيبة المتحركة على طول الأرض. ترسيب الرمال يؤدى إلى تكوين غرود رملية. وهذه تتكون فى الأماكن حيث يوجد مصدرا للرمال، رياح قوية لتحريكها وبعض الإعاقة لكسر قوة الريح بما يمكن المادة من السقوط.

(٧) تعرية التربة بموجات البحر:

أمواج الرياح يمكن أن تسبب تعرية للمنطقة الانتقالية التى تقع بين الأرض والبحر. عند تصادم كمية كبيرة من الماء مع الشاطئ بسرعة عالية، فإن شاطئ البحر تحدث له تعرية. أحيانا تؤدى التعرية إلى تكوين منحدرات صخرية شاهقة عند الشاطئ (GLIFFS)، ولها ميل شديد مواجها البحر. ترسيب التربة بفعل الأمواج يؤدى إلى تكوين شواطئ رملية (BEACHES) على طول الشاطئ. أحيانا الأمواج تحدث تعرية

صخرية بطرق مختلفة بما يؤدى إلى تكوين كهوف أو مغارات، تكدسات، قناطر أو أقواس.

(٨) تعرية التربة بالكشط الزائد: (**SOIL EROSION BY OVERGRAZING**)

الكشط الزائد هو الخطر الرئيسى الذى يهدد مراعى الماشية والغابات والجبال. الكشط يدمر الغطاء الصغير وينشط التعرية بفعل الرياح والماء.

صيانة التربة: (**SOIL CONSERVATION**)

رغم أن تربة أرضنا قد تكونت خلال فترة زمنية طويلة، إلا أن بعضها تم تدميره خلال فترات قليلة من السنين. يقدر حوالى ٦ — ٧ مليون هكتار من الأراضى الزراعية أصبحت الآن غير منتجة وذلك كل عام بسبب التعرية فى جميع العالم. الإفراط فى التشبع بالماء (**WATER LOGGING**)، الملوحة، القلوية تقلل الإنتاجية لحوالى ١,٥ مليون هكنار إضافى فى كل عام. فى الفترة من عام ١٩٨٠ حتى عام ٢٠٠٠ قدر الفقد فى الأراضى الزراعية بسبب التعدى عليها لنمو المدن والقرى حوالى ١,٤ مليار هكنار.

فى السنين الأخيرة اهتم علماء التربة بالمشاكل المصاحبة لإدارة التربة. حيث الجرعات العالية من المواد الكيميائية، الأسمدة من المواد المعدنية، المبيدات الحشرية، ومبيدات الفطريات قد ساهمت فى حموضة أو قلوية التربة. وكذلك الأنواع المختلفة من ملوثات الهواء وخاصة المطر الحامضى الذى سبب تأثيرات ضارة للتربة.

العمليات الزراعية الحديثة يمكنها مقاومة العمليات السابقة لتدنى نوعية التربة (**SOIL DEGRADATION**). فقد اقترح استخدام سلسلة من الإجراءات العلاجية مثل زراعة مساحة أو قطعة ضيقة من الأرض أو زراعة كفاية على خط كنتور واحد الانجراف (**STRIP FARMING AND CONTOUR FARMING**)، زراعة الغابات فى صفوف أو فى تجمعات ضخمة، الزراعة المنتظمة للحشائش، تدوير المحاصيل، تفصيل استخدام الأسمدة العضوية عن الأسمدة الغير عضوية. نظام التربة هو مجتمع حى يتكون من ميكروبات وطحالب وفطريات وبروتوزوا وحشرات، وديدان حلقية وكائنات حفرية (**FOSSORIAL ARIMALS**). وهى تحتوى مواد كيمائية كثيرة تكونت بالتحلل والتعرية للمواد العضوية. الميكروبات تؤكسد تلك المواد إلى أكاسيد غير عضوية والتى تصبح فيما بعد جزء من الدورة الجيولوجية الكيمائية. الاستخدام الرشيد للأرض يمكن ان يحميها من الفساد والتلف.

نباتات التربة وحيواناتها : (BI OTO OF THE SOIL)

المادة العضوية للتربة تساعد الكائنات الدقيقة المعقدة النباتية والحيوانية وعادة الكائنات النباتية والحيوانية المعقدة الأعلا. يعيش فى التربة أعداد لا تعد ولا تحصى من البكتريا والبروتوزوا والديدان، والقشريات وسلسلة من العنكبوتيات والحشرات وكثيرا من الحيوانات الفقرية كالزواحف والطيور والأسماك. مجموعة أخرى مختلفة ومتساوية تقضى جزء من حياتها تحت الأرض. سلسلة من الثدييات التى تعيش فى الجحور حيث تحفر فى الأرض بين الجذور الضخمة للأشجار. كل تلك المجموعات يمكن تقسيمها كالآتي:

١ - الكائنات النباتية الصغيرة :(MICRO FLORA)

وهذه تشمل البكتريا وطحالب وفطريات التربة. بكتريا التربة تنمو جيدا فى التربة المتعادلة بينما فطريات التربة توجد فى التربة الحامضية. بكتريا التربة لتثبيت النيتروجين العادية هى من مسببات تثبيت طحالب التربة الزرقاء الخضراء. الفطريات التكافلية تعيش على جذور النباتات حيث تعتمد الفطريات على المواد العضوية الميتة فى التربة.

٢ – الكائنات الحيوانية الصغير: (MICROFAUNA)

البروتوزوا، الفئران، الحيوانات الدوارة (**ROTIFERS**)، الديدان الأسطوانية (**NEMATODES**)، والحيوانات مجدافية الأرجل (القشرية البحرية والنهرية، (**COPEPODS**)، كل تلك الأنواع تكون الكائنات الحيوانية الصغيرة. حجم هذه الكائنات الحيوانية يتراوح ما بين ٢٠ إلى ٢٠٠ ميكرون. مجموعة البروتوزوا مثل الأميبا ذوات الأهداب (**CILIATES**)، السوطية (**FLAGELLATES**) توجد قريبا من سطح التربة بينما **EUGLYPHA**، **DIFFUGIA** لهما مجال انتشار رأسى كبير، الخيطيات العادية ذات الأنواع المختلفة تكون متوفرة كذلك.

٣ – الكائنات الحيوانية المتوسطة : (MESOFAUNA)

الكائنات الحيوانية التى يتراوح حجمها ما بين ٢٠٠ ميكرون إلى ١سم تشكل الكائنات الحيوانية المتوسطة. من بين الحشرات فإن حشرة التربة الرئيسية هى (**COLLEMBALA**). النمل الأبيض من بين الكائنات الهامة التى تعيش فى التربة، وكذلك أنواع النمل الأخرى. السوس يزدهر فى التربة الرطبة العضوية.

٤ – الكائنات النباتية الكبيرة: (MACRO FLORA)

التربـة تـدعم وتـساند أنـواع كـثيرة مـن النـباتات مـثل الأعشاب، الأشجار، الجنيبة (**SHRUBS**). النـباتات التى تنمو فى التربة الحامضية تسمى (**OXYLOPHYTES**) وتلـك التـى تـنمو فـى التربـة الملحية تسمى (**HALOPHYTES**). بينما النباتات التى تـنمو فـى الـرمال تـسمى (**PSAMM OPHYTES**). النـباتات التـى تـنمو علـى سطح الـصخر تـسمى (**LITHOPHYTES**) بيـنما تلـك التـى تـنمو فـى شقوق الصخر تسمى (**CHAS MOPHYTES**).

تكيف الحيوانات فى التربة: (SOIL ADAPTATION IN ANIMALS):

الحـيوانات التـى تعـيش فـى التربة تتأقلم لهذا النوع من الحياة. شكل جسمها يكون إمـا أسـطوانيا أو فى شكل مغزلى أو مغزلى مستدق لتوفير أقل مقاومة للمرور خلال التربة. الـرأس تكـون مـستدقة لـتكوين الخـرطوم المستدق الذى يساعد فى الحفر. ذيل حيوانات التربة يكون قصيرا، أعينها تكاد تكون مكيفة للحفر.

الفصل السادس

معالجات المخلفات الصحية المنزلية منخفضة التكاليف وإنتاج البيوجاز

مقدمة:

أن المعيار الصحى والاقتصادى للمعالجات منخفضة التكاليف هو كالآتى:

المعيار الصحى: **وهذا يمكن تعريفه بالآتى:**

- المعالجة للحمل العضوى وبدون وجود كائنات دقيقة ممرضة.
- عدم حدوث تلوث للمياه السطحية، المياة الجوفية، وكذلك التربة.
- عدم التداول اليدوى للمخلفات الصحية الطازجة، المعالجة
- منشأ علوى متسع وجيد التهوية.

المعيار الاجتماعى الاقتصادى: **وهذا يمكن معرفته بالآتي:**

- سهولة التصميم، وبدون متطلبات صيانة معقدة.
- تكون التكلفة حوالى ١٠ – ١٥٪ من تكلفة المنزل. يجب اعتباره كمكون أساسى للمنزل ولا يتم إهماله.
- مجال استخدام المواد المحلية وكذلك العمالة والتقنيات المحلية.
- أدنى استخدام للمياه وبما لا يزيد عن ٥٠ لتر فى اليوم للفرد.

معالجة الصرف الصحى منخفضة التكاليف:

فى بعض المناطق الريفية والعشوائية والحضرية حيث تستخدم المراحيض مع نظام الدفق المائى. فى هذه الحالات يكون الصرف الصحى الناتج فى حاجة لبعض المعالجة وذلك قبل التخلص منه على السطح المائى أو على الأرض وذلك للمحافظة على الصحة العامة وتجنب أخطاره. حيث أن إنشاء محطة معالجة يكون غير متاح من الناحية الاقتصادية والاعتبارات أخرى، لذلك فإن طرق معالجة الصرف الصحى منخفضة التكاليف هى التى تكون ملائمة للاستخدام. بعض من هذه الطرق سيتم تناوله:

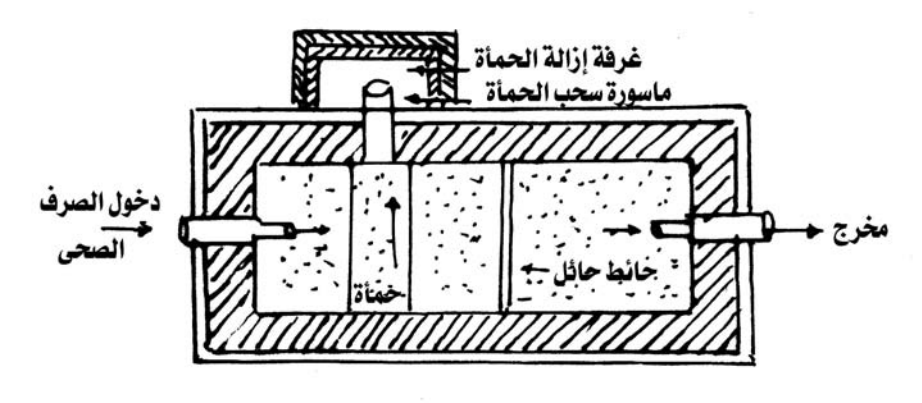
١ - خزانات التحليل (SEPTIC TANKS):

خزان التحليل هو أساسا حوض ترسيب أولى له زمن مكث أطول (من ١٢ إلى ٣٦ ساعة) بالإضافة إلى تجهيز آخر لهضم الحماة المرسبة وهو يستخدم مبدأ التحلل اللاهوائى.

لـذلك فإن خزان التحليل يكون حوض ترسيب من نوع التدفق المستمر والأفقى، حيث يدخل فيه مباشرة الصرف الصحى الخام، ومكثه لمدة زمنية محددة، ثم يتم عندئذ صرفه مـن الجانـب الآخـر. أثـناء فـترة المكـث أو الحجـز فإن المواد الصلبة ترسب نحو القاع، حـيث يحـدث تحلل بفعل البكتريا اللاهوائية. بهذا يتحول حوالى ٦٠ — ٧٠٪ من المواد الـصلبة إلى سـوائل وغـازات والمتبقى والغير قابل للتحلل والمسمى الحمأة وهو راسب شبه سـائل وأسـود اللـون. الحمـأة التى تحللت من الخزان يتم سحبها من آن إلى آخر (على فـترات مـن ٦ إلى ١٢ شـهر) إلى حـوض تجميع حيث تضخ منه إلى الأرض للتخلص منه بعد الجفاف.

تفاصيل الإنشاء لخزان التحليل:

عـادة يـتم إنـشاء خـزان التحـليل مـن الخرسـانة وقد يستخدم الطوب أحيانا. المسقط الرأسـى لخـزان التحـليل موضح فى الشكل (١) يصمم الخزان لمنع التيارات المباشرة بين المدخل والمخرج.



شكل ١ خزان تحليل

- حجـز الزبد فى الحوض ليس فقط يخلص السائل الخارج منه ولكن يكون مرغوبا لحجز ومنع انتشار الرائحة الكريهة. يكون الخزان مغطى من أعلا بسقف خرسانى مزود بفـتحة أو فتحـتين للتفتـيش والـصيانة وهـذا الغطـاء الخرسـانى يمـنع هـروب الغـازات والرائحة الكريهة من الخزان.

الاعتبارات التصميمية:

تصميم خزان التحليل يجب أن يتبع المعايير الآتية:

١ - طاقة الخزان:

يكـون خـزان التحلـيل قـادرا على تخزين مياه الصرف أثناء فترة المكث وكذلك حجم إضـافي للحمـأة لـمدة مـا بـين ٦ أشهر حتى ٣ أعوام، وذلك طبقا لأولويات النظافة. أدنى طاقة لخزان تحليل لخدمة ٨ إلى ١٠ شخص يمكن أن يكون ٢٢٥٠ لترا.

عوائق الدخول والخروج:

العوائـق (**BAFFLES**) أو شـكل صـرف (**T**) يجـب أن تمتد على المنسوب العلوى للخـبث، ولكنها يجب أن تكون أسفل قاع الغطاء الخرسانى بما لا يقل عن ٧٥سم وذلك لامكان حرية الحركة للغازات.

زمن المكث (**DETENTION PEROID**):

زمن المكث يتغير ما بين ١٢ إلى ٣٦ ساعة ولكن القيمة المطبقة عادة هى ١٢ ساعة.

النسبة بين الطول إلى العرض:

طول الحوض يكون من ٢ — ٣ ضعف العرض (أقل من ٩٠سم).

العمق:

عمق خزان التحليل يتراوح ما بين ١,٢ — ١,٨.

المميزات:

- خزانات التحليل سهلة الإنشاء، بدون مهارات للأشراف.
- الـتكلفة معقولة مقارنة بالفوائد والمحافظة على الصحة فى المناطق الريفية حيث لا يوجد نظام لمعالجة الصرف الصحى.
- المـياه الخارجة من خزان التحليل يمكن صرفها على الأرض أو فى حفرة تسرب أو فى بركة تجميع (**CESS POOL**) بدون مشاكل كثيرة.
- وهـى مناسـبة أكثـر للمـناطق الـريفية المنعـزلة وكـذلك للمبانـى والمنشآت الخدمية المنعزلة مثل المستشفيات.

العيوب:

- فـى حالة عدم الأداء الجيد لخزان التحليل، عندئذ تكون المياه الخارجة شديدة العفونة، وسوداء وأسوأ من المياه الداخلة.

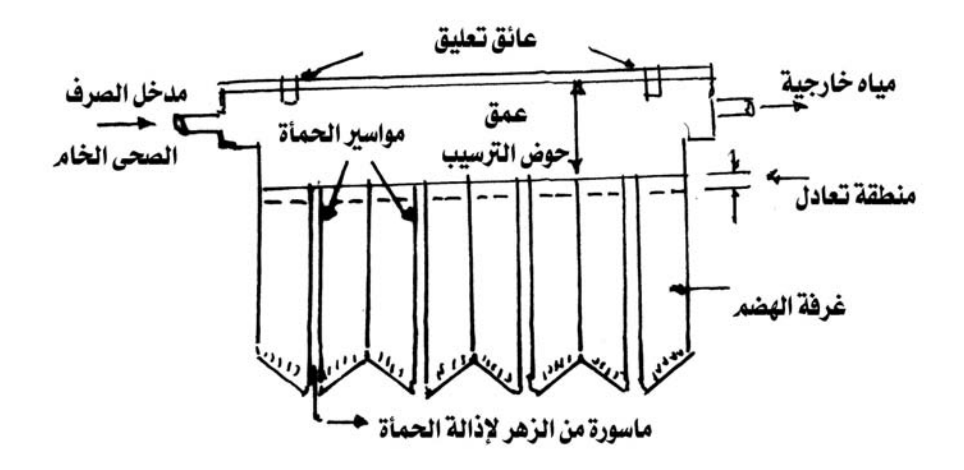
- تتطلب مساحات كبيرة فى حالة الرغبة فى خدمة عدد كبير من الأفراد.
- تسرب الغازات من الغطاء الخراسانى العلوى قد يسبب مضايقات بالنسبة للرائحة.
- التنظيف من آن إلى آخر، إزالة الحمأة والتخلص منها يعتبر من المشاكل الحادة.

(٢) خزانات إمهوف: (TMHOFF TANKS)

خزان إمهوف هو تطوير خزان التحليل، حيث مياه الصرف الصحى الداخلة لا تختلط مع الحمأة، ومياه الصرف الخارجية لا تحمل معها كمية كبيرة من الحمل العضوى.

تفاصيل الإنشاء:

خزان إمهوف هو خزان مستطيل من غرفتين — الغرفة العليا التى خلالها يتدفق سائل الصرف بسرعة بطيئة جدا والتى تعرف بغرفة التدفق أو غرفة الترسيب، بينما الغرفة السفلى التى هى غرفة الهضم (**DIGESTION**) حيث يتم التحلل اللاهوائى للحمأة. الشكل (٢) يوضح مقطع طولى لخزان إمهوف.



شكل ٢ مقطع طولى لحوض أمهوف

المواد الصلبة العالقة لمياه الصرف ذات معدل التدفق البطئ ترسب نحو قاع غرفة الترسيب وخلال الأجناب المائلة لقاع الغرفة، من حيث تنزلق نحو غرفة التحلل اللاهوائى.

غـرفة الـتحلل اللاهوائـى (الهـضم) تنقـسم إلى عدد من الأقسام، كل قسم له قاع فى شـكل القمـع (القـادوس). الحمأة المهضومة عند قاع القمع المقلوب. الحماة المهضومة عند قاع الأقماع يتم إزالتها من آن إلى آخر خلال حظ مواسير إزالة الحمأة.

القواعد التصميمية:

يتم ابتاع القواعد الآتية عند تصميم خزان إمهوف:

١ - غرفة الترسيب:

يكون شكل الغرفة مستطيل بالمواصفات الآتية:

أ – زمن المكث = ٢ – ٤ ساعة.

ب – سرعة التدفق لا تزيد عن ٠,٣ متر/ فى الدقيقة.

ج – التحميل السطحى لا يزيد عن ٣٠ متر.

د – لا يزيد طول الخزان عن ٣٠ متر.

هـ – عمق هذه الغرفة يتراوح ما بين ٩ إلى ١١ متر.

٢ - غرفة الهضم (التحلل اللاهوائى):

تـصمم هـذه الغـرفة لأدنـى طاقـة للفـرد بمعـدل ٥٢ لـتر فـى الـيوم. ولكن فى المناطق الحـارة، حـيث تكـون الفـترات الزمنية بين إزالة الحمأة قصيرة يمكن أن تقل إلى ٣٥ إلى ٤٠ لتر للفرد فى اليوم.

المميزات:

* يجمع خزان امهوف مميزات كلا من خزان التحليل وخزان الترسيب.
* اقتصادى إلى حد ما ولا يتطلب مراقبة ماهرة أثناء التشغيل.
* لا توجد مشاكل التخلص من الحمأة كما فى حالة خزان التحليل.

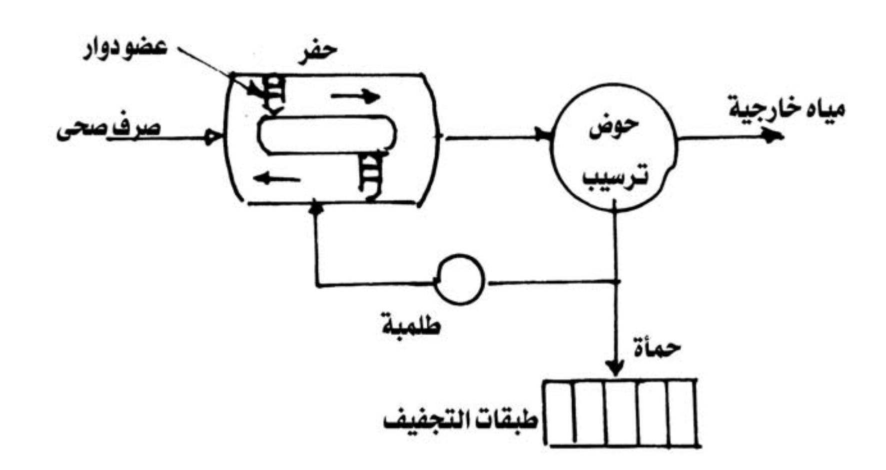
العيوب:

* العمق الكبير للخزان قد يترتب عليه تكاليف عالية فى الإنشاء.
* عدم الأداء المنتظم والمناسب للخزان يسبب مشاكل الرائحة الكريهة.
* هـذه الخـزانات لا تعمـل بكفـاءة وغـير مناسـبة حـيث تكون مياه الصرف الصحى عالية الحموضة.

٣ - قنوات الأكسدة: (Oxidation Ditches)

عمـل قـناة الأكـسدة هو شكل معدل لعملية الحمأة المنشطة التقليدية. يتم التهوية لمياه الـصرف بعـد مـرورها خـلال مـصافى حجـز الأجـسام الصلبة العالقة والطافية حيث يتم

التدويـر للـسائل حـول قـناة بيـضاوية الـشكل باسـتمرار. وتتم التهوية بواحد أو أكثر من أجهـزة الـتهوية الخاصـة المـسماة الـدوارة (**Rotors**) حيث توضع متعامدة على الخندق (الـشكل ٣). المـياه الخارجـة مـن الخـندق يتم ترسيبها فى حوض ترسيب ثنائى وتقريباً كـل الحمـأة (حـوالى ٩٥٪) يتم استعادتها إلى الخندق. الكمية الصغيرة من الحمأة الزائدة يـتم وضـعها مباشـرة علـى طـبقة تجفـيف الحمـأة (**Drying Beds**) زمـن المكـثف الهيدروليكـى هو من ١ – ٣ يوم فى الخندق ولا يقل عن ٢ ساعة فى حوض الترسيب. يـسبب تدويـر نـسبة كـبيرة مـن الحمـأة فـإن متوسـط زمـن المكـث للمـادة الصلبة هو من ٢٠ – ٣٠ يوم، نتيجة لذلك فإنه يوجد إنتاج صغيرة فقط من الحمأة الزائدة والتى



شكل ٣ مخطط لبركة الأكسدة

تكـون ذات محـتوى عـالى مـن الأمـلاح المعدنـية وتحـتاج فقط إلى التخلص من المياه على طـبقات التجفـيف. الفائـدة الرئيـسية لهـذه العملـية هـو عـدم استخدام حوض للترسيب الأولى، وكذلك أدنى كمية منتجة من الحمأة ومعاجلتها.

الكائنات الحية المرضة المتبقية: (PATHOGEN SURIVAL)

المـياه الخارجـة مـن حوض الترسيب محتواها من الكائنات الحية المرضة يشبه لتلك المـياه الخارجـة من عملية الحمأة المنشطة التقليدية، ولكن يسبب زيادة زمن المكث، فإن المتبقـى يكـون أقـل قلـيلا. كمـية الحمأة الصغيرة المنتجة تشبه فى نوعيتها لتلك المنتجة بواسطة الهاضم اللاهوائى وتحتوى على نفس القدر من الكائنات المرضة.

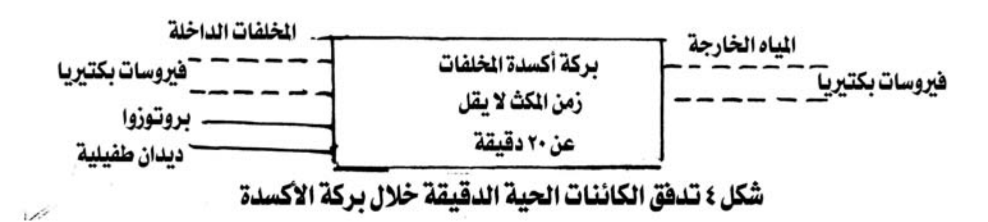
٤ - برك الأكسدة أو برك تثبيت المخلفات :

OXIDATION PONDS OR WASTE STABILI ZATION BONDS

برك التثبيت تعرف كذلك ببرك الأكسدة أو بحيرات الأكسدة الضحلة (**LAGOONS**)، وهى من أكثر طرق معالجة مياه الصرف الصحى اقتصاداً وذلك حينما توفرت الأرض بأسعار منخفضة نسبيا. فى الأجواء الحارة ثبت صلاحية هذه الطريقة، حيث ينخفض معدل بقاء الكائنات المرضة وبتكلفة أقل مقارنة بأى شكل آخر من أشكال المعالجة. صيانة هذه البرك أو البحيرات بسيط جداً. ذلك رغم أن التخلص الكلى لكل الإفرازات من الكائنات المرضة لا يمكن تحقيقه، لذلك فإن برك التثبيت هى أفضل شكل للمعالجة، فى المجتمعات النامية القارية.

مبدأ التشغيل:

برك الأكسدة هى عبارة عن حفر ضحل له جسور مرتفعة على كل الأجناب الأربع. الصرف الخام يتم إدخاله فى هذه البركة، حيث يتم الترسيب جنبا إلى جنب مع أكسدة المادة العضوية خلال الأداء المشترك لكل من الطحالب والكائنات الحية الدقيقة الأخرى. الطحالب (النباتات المجهرية) تنتج الأكسجين عند نموها فى وجود أشعة الشمس. الأكسجين المنتج يتم استغلاله بواسطة البكتريا لأكسدة المواد العضوية فى مياه الصرف. نواتج هذه الأكسدة هى ثانى أكسيد الكربون، الأمونيا، أملاح الفوسفات يتم استهلاكها بواسطة الطحالب أثناء نمو هذه الطحالب، والتى تنتج أكسجين أكثر حيث تستمر الدورة. لذلك فإن القوة الدافعة لبرك التثبيت هو التمثيل الضوئى، والذى يساعد على العلاقة التكافلية ما بين البكتريا التى تتغذى على المادة العضوية العفنة (**SAPROPHYTIC BACTERIA**) والطحالب يتوالد حوالى ١,٦ ملجرام من الأكسجين من كل واحد ملجرام من مادة الخلية العضوية الجافة التى يتم تخليقها. الشكل (٤) يوضح سريان الكائنات الدقيقة المرضة خلال بركة تثبيت المخلفات.



شكل ٤ تدفق الكائنات الحية الدقيقة خلال بركة الأكسدة

الاعتبارات التصميمية :

يجب مراعاة الآتي عند التصميم :

١- تركيز مياه الصرف ودرجة المعالجة المطلوبة.

٢- الموقع الجغرافي للمصنع، مع الأخذ في الاعتبار كثافة أشعة الشمس، درجة الحرارة للمكان.

٣- نوع التربة هو العامل الأخر الذى يجب أن يراعى حيث يجب عدم إنشاء البرك فى تربة رملية أو مفكلة.

يجب أن يكون عمق البركة لا يقل عن ٠,٩ متر، حتى لا تعمل على نمو النباتات المائية.

يتوقف زمن المكث على ضوء الشمس ودرجة حرارة المكان وعادة يؤخذ من ٢ إلى ٦ أسبوع. المواصفات (**IS - 5611**) أوصت بأن قيمة الحمل العضوى (**BOD**) للبرك على أساسا البعد عن خط العرض هو كالآتى :

خط العرض	الحمل العضوى بالكيلو جرام / الهكتار / اليوم
٨	٣٢٥
١٢	٣٠٠
١٦	٢٧٥
٢٠	٢٥٠
٢٤	٢٢٥
٢٨	٢٠٠
٣٢	١٧٥
١٦	١٥٠

يجب توفر المساحات الكافية من الأراضى لاستخدام السائل المعالج فى الرى. العيب الرئيسى لبرك الأكسدة هو الإزعاج بسبب توالد البعوض والروائح الكريهة.

٥ - **حفرة التجميع (المجرور) :** (**CESSPOOL**)

تختلف حفرة التجميع عن حفرة التصريف (**SOAKPIT**) فى أن حفرة التجميع تستقبل كل الصرف الصحى، بينما حفرة التصريف تستقبل فقط الجزء السائل. عندما تكون التربة مسامية إلى حد ما ولا يوجد خطر إطلاقا من تلوث مياه الشرب، فإنه يمكن استخدام حفرة التجميع فقط للتخلص من الصرف الصحى.

حفـرة التجمـيع هـى أساسـا حفـرة فـى الأرض ذات حـوائط علـوية، حـيث مواسـير الـصرف الصحى تفرغ فيها ومنها يتم تسرب السوائل خلال التربة. أجناب الحفرة تكون عـادة مبطنة إما بالطوب أو بالأحجار حيث الوصلات بدون مونة رابطة، بما يسمح بمياه الـصرف بالتـسرب نحـو التربـة. كذلك يعمل حوض التجميع كوعاء لغسيل المواد الصلبة التـى تنـصب فيها. مع الاستخدام وبمرور الوقت تصبح مسام التربة مسدودة ويبدأ حوض التجمـيع فـى التدفق إلى الخارج، والعلاج الوحيد لمثل هذه الحالة هو بحفر حفرة تجميع جديـدة. أحـيانا تستقبل أحواض التجميع المياه من خزان التحليل حيث فى هذه الحالة احـتمال الانـسداد يكـون ضـعيفا. وهذه كذلك تنشأ لتستقبل مباشرة مياه الغسيل (حيث مخلفـات المراحيض تصرف إلى خزان التحليل). عند التغطية الغير جيدة فإن ذلك يسمح للـبعوض بالتكاثـر وكـذلك بهـروب الـرائحة. أحـواض التجمـيع غير موصى بها بواسطة الجهات المسئولة عن الصحة العامة وذلك بسبب العيوب السابق ذكرها.

وقـد ثبت خطورتها فى حالة وجودها فى الحجر الجيرى، ذلك لأن الصرف الصحى الغـير مرشح يمكن عندئذ ان يمر خلال الشقوق إلى مسافات طويلة. ولكن حوض التجميع يمكـن أن يـستفاد مـن استخدامه فى حالة المبانى المنعزلة شريطة عدم وجود مخاطر نحو إمـدادات المـياه. القطـر الداخلى لحوض التجميع يجب ألا يزيد عن واحد متر كما يجب ألا يمـتد العمـق أسـفل خط المياه الجوفية الإستاتيكى. تتحدد طاقة حوض التجميع طبقا لحجـم مـياه الصرف الذى يستقبله ونوع التربة الموجود فيها. يتم استعداد غطاء خرسانى لتغطـية الحـوض أو قد تستخدم قطعة مستوية من الحجر. يتم نظافة حوض التجميع من آن إلى آخـر كمـا فـى حالـة خـزان التحلـيل مع التخلص من المواد الصلبة فى مكان آمن ويفضل أسفل مسطح الأرض.

٦ – حفرة التصريف: (SOOK PITS)

حفـرة التـصريف هى حفرة دائرية لها غطاء، حيث خلالها يتم تصريف مياه الصرف أو امتـصاصها فـى التربة المحيطة. حفرة التصريف يمكن أن تكون مملوءة بركام من الزلط أو قـد تكـون فارغـة. عـندما تكـون حفـرة التـصريف فارغـة فإنه يتم تبطينها بالطوب أو الأحجار أو الكتل الخرسانية بالإضافة إلى ذلك يتم تحميل البطانة أسفل منسوب الدخول بدعامة من الركام الخشن بسمك لا يقل عن ٧,٥سم.

العاملين الهامين هما درجة الحرارة والوقت للحصول على انخفاض مستوى الكائنات المرضة فى عملية معالجة مياه الصرف.

حفرة التصريف الحديثة تحتوى على أكسجين محتجز. فى حالة تنظيم العوامل الأخرى، فإنه تحدث عملية هوائية مسببة لارتفاع درجة الحرارة حيث ترتفع درجة حرارة منتصف الحفرة إلى ٥٥م أو أكثر ولكن مع استهلاك الأكسجين المتاح فإن العملية تصبح لاهوائية ثم تستمر درجة الحرارة فى الهبوط.

الطرق المختلفة للتخلص الآمن من المخلفات المنزلية والحيوانية والنباتية:

الطرق المختلفة للتخلص عادة تستخدم سياسة استعادة الموارد (**RESOURCE RECOVERY POLICY**). البدائل الأخرى تشمل طرق تحسين خواص التربة.

استعادة الموارد من المخلفات يمكن تحقيقه :

(١) بالاستفادة المباشرة وتدوير مكونات المخلفات فى شكلها الأصلى.

(٢) العمليات الكيماوية والبيولوجية للمخلفات للحصول على منتجات جديدة.

طرق التخلص المختلفة المستخدمة ومنتجاتها موضحة الجدول التالى:

الطريقة	المنتجات الرئيسية
الهضم اللاهوائى	البيوجاز (CH_4) وبروتينات الغذاء
التحلل المائى أو التخمير أو الهضم البيولوجى	سكريات، إيثانول، بروتينات، حامض لاكتيك أو حامض اسيتيك.
الهدرجة	زيت خام مخلق، حامض أسيتيك، أسيتون.
التحلل الحرارى (**PYROLYSIC**)	غازات (CH_4 , H_2 , CO_2) قار، زيوت، مواد شمعية، شحوم، مواد لصق.
التجميع أو التركيب (**COMPOSITING**)	إعداد التربة، مادة تغطية.
الحرق	وقود، استعادة الطاقة، مخلفات مفيدة.
ردم التربة	إصلاح التربة.

الهضم اللاهوائى: (ANAEROBIC DIGSETION)

هنا يتم توليد غاز الميثان من المخلفات بطريقة التحلل الهضم، اللاهوائى. وهذه الطريقة سيتم مناقشتها أنفا. ولكن سيتم تناول فوائدها وعيوبها كما فى الجدول التالى:

جدول يوضح فوائد وسلبيات الهضم (التحلل) اللاهوائى :

المميزات	العيوب
(١) إنتاج كميات كبيرة من غاز المثيان والذى يمكن تخزينه عند درجة الحرارة العادية.	– احتمالات حدوث انفجار.
(٢) إنتاج حمأة سائل كثيفة القوام.	– تكاليف رأسمالية عالية ولكن فى حالة التشغيل والصيانة السليمة فإن النظام يمكن أن يوفر تكاليفه.
(٣) الحمأة غالبا ليس لها رائحة.	– قد ينتج حجم من مخلفات أكبر من المادة الأصلية نظر لإضافة الماء (وهذا يمكن أن يكون عيبا فى المناطق الريفية فى التجمعات النامية حيث الحقول قريبة بما يمكن من استخدام الحمأة السائلة مباشرة، حيث تعمل كسماد طبيعي وكذلك لرى التربة.
(٤) الحمأة لها قيمة تسميدية غذائية ويمكن استخدامها في تحسين التربة.	– الحمأة السائل تشكل مشكلة كبيرة لتلوث المياه فى حالة التداول الغير صحيح.
(٥) خفض المحتوى العضوى للمخلفات بنسبة ٣٠ – ٥٠٪ وإنتاج حمأة مثبتة يمكن التخلص منها.	تتطلب الصيانة والمراقبة.
(٦) بذور النباتات الضارة يتم إتلافها وتدميرها والكائنات الدقيقة المرضة إما أن يتم تدميرها أو خفض أعدادها بدرجة كبيرة.	– كيماويات معينة فى الصرف، فى حالة زيادتها لها القدرة على إضعاف كفاءة عملية الهضم ولكن هذه الكيماويات تكون فى مياه الصرف الصناعى الغير متوفر فى القرى.
(٧) لا تنجذب الهوام والذبات نحو المنتج النهائى للعملية – كذلك اقتراب الحشرات المؤذية محدودا. وتوفر وسيلة صحية للتخلص من المخلفات الآدمية والحيوانية.	– يجب المحافظة على ظروف العمل الصحية وذلك لتحقيق أقصى إنتاج للغاز.
(٨) المساعدة فى توفير مصادر الطاقة المحلية مثل الأخشاب.	– أقصى كفاءة استخدام للمثيان كوقود يتطلب إزالة الملوثات مثل HS_2 , CO_2 وخاصة فى حالة استخدام الغاز فى محركات الاحتراق الداخلي.

الهضم الهوائى أو التخمير أو التحلل المائى:

وهـو عملـية تحـول المـادة الـسيليلوزية إلى منـتج مفـيد. هـذا يلـيه عملـية الـتخمير البيوكيماوية للتحول التالى إلى خمائر أو إلى كحولات.

هـذه الطـريقة قابلـة للاسـتخدام لكـل المواد الورقية والنباتية السيليوزية فى المخلفات المنزلية وكذلك لكثير من المخلفات السليلوزية الزراعية.

يمكن توضيح تحلل السيليوز بالتفاعل التالى:

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \xrightarrow{H_2So_4\ /\ HCL} C_6H_{12}O_6$$

(محلول جلوكوز مخفف ٠,٥٪ عند ٢٣٠م ماء السيليلوز

هنا يعمل حامض الكبريتيك المخفف أو حامض الهيدروكلوريك المخفف كعامل وسيط.

كـذلك تـتكون منـتجات سـكرية أخـرى كمنـتجات ثانـوية، ولكـن الغرض هو خفض التفاعلات الجانبية.

محلول الجلوكوز المخفف بنسبة ٠,٥٪ له استخدام محدود ويمكن تحويله إلى الكحول الإيثيلـى (C_2H_5Oh) الإيـثانول أو تحـويله إلى الـبروتين لغـذاء الماشـية طـبقا للـتفاعل الآتى:

$$C_6H_{12}O_5 \xrightarrow{\text{خمائر}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

يكـون مـن المهـم جـدا الـتحكم فـى ظـروف الـتخمير والخمـيرة وذلك بالنسبة لدرجة الحرارة والرقم الهيدروجينى.

$$C_6H_{10}O_6 \xrightarrow[\text{السيليلوز سريعة النمو}]{\text{كائنات دقيقة لهضم هيدروكربون}} \text{بروتين للماشية}$$

الهدرجة: (**HYDROGENTION**)

يمكـن معالجـة المكـونات العـضوية فـى تـدفقات الـصرف بإضافة الهيدروجين لإنتاج هيدروكـربونات ذات التسلـسل القـصير (**LOW CHAIN**)، فـى شـكل منتجات غازية وسائلة.

فـى الولايات المتحدة، أدت الجهود نحو إنتاج خام زيت البترول المخلق وبديل للغاز الطبيعى ولكن العملية مكلفة جدا.

التحلل الحرارى: (HY DROLYSIS)

هـــذه الطـــريقة تعـــرف كـــذلك بالـــتقطير الإتلافـــى (DESTRCTIVE - DISTILLATION)، وتتـضمن الـتحلل الحرارى للمادة العضوية، وذلك عند التعرض إلى درجـة حـرارة عالـية بمعـزل عـن الهـواء أو فـى جـو مـن الأكسجين المنخفض. يمنع حـدوث الحـرق بالأكسدة الكيماوية حيث يحدث تحلل المادة إلى غازات مفيدة أو سوائل وفحـم نباتى متبقى وذلك مثل الذى يحدث عند إنتاج الفحم النباتى (CHARCOAL) من الخشب والكوك من الفحم.

$$3C_6H_{10}O_5 \longrightarrow C_6H_8O + 2CO + H_2 + CH_4 + CO_2 + 8H_2O + 7C$$

سيليلوز (فحم نباتى)

الـتفاعل الـسابق يحدث عند حوالى ٤٥٠ — ١١٠٠ ٥م. هذه الطريقة مفضلة عن طريق الحرق ذلك لأنها تقلل من حجم المخلفات وتنتج مخلفات معقمة، مع أدنى أكسدة، وبذا يسهل عملية استعادة المكونات المعدنية.

مـن بـين المنـتجات الأخـرى وهـى اسـتخدام غـلاف ثمرة جوز الهند فى إنتاج الفحم النباتـى. وقـد تم تقديـر بدائل الوقود لمحركات الاحتراق الداخلى الثابتة من الغاز المنتج مـن غـــلاف ثمـــرة جـــوز الهـــند (COCOGAS) ومـــن تـــراب لـــيف جـــوز الهـــند (COIR - DUST).

التجميع أو التركيب: (COMPOSITING)

التجمـيع أو التركـيب هـو أحـد الطـرق التقلـيدية العاديـة للتخلص من المخلفات فى الظـروف الهوائـية. الـتحلل البيولوجـى للمخلفـات العضوية يتم بواسطة الكائنات الحية الدقـيقة المناسـبة. المنـتج النهائـى هـى مواد الهيوماس (HUMUS) الثابتة (وهى المادة العضوية المنحلة أو الدبالية) وهذه يمكن استخدامها لتحسين خواص التربة.

بعض الاعتبارات لهذه العملية تشمل الآتى:

- هذه العملية مناسبة أكثر بالنسبة للمخلفات الزراعية.
- فى الاستخدامات الميكانيكية يبدو أنها مكلفة.
- التسويق للمنتج النهائى غير متاح غالبا.
- المنـتج النهائـى سمـاد لـه نوعية متدنية حيث المحتوى من الفوسفور، النيتروجين قلـيل. ولكـن يمكـن اسـتخدامه لتحسين خواص التربة (SOIL CONDITIONER)،

وذلك بسبب قدرته على امتصاص الرطوبة. يحسن كذلك من بناء التربة. المنتج النهائى حجمه كبير ويتطلب تكاليف نقل عالية.

- العملية تسبب مشاكل فى الرائحة. وفى حالة معالجة المخلفات الصناعية بهذه الطريقة، فإن احتمال التلوث بالمعادن والكيماويات السامة قد يؤثر على المحاصيل بالسلب.
- يلزم توفير نظم التحكم فى الرائحة، الهوام ونموه وتكاثر الكائنات المسببة للأمراض.

الحرق: (INCINERATION)

وهذا عبارة عن حرق المخلفات والحرارة الناتجة يمكن استخدامها فى أغراض التسخين المختلفة، مثل إنتاج البخار والماء الساخن، تجفيف الحمأة، تحلية المياه المالحة وتوليد الطاقة الكهربائية.

طريقة الحرق عادة يصاحبها طرق الردم للتربة. فى هذه الطريقة يتم حرق المخلفات فى أفران، تسمى المحارق. ينصح بفصل الرماد، المواد الخاملة والغير قابلة للاحتراق وذلك لتقليل الحمل على المجمرة. المنتجات النهائية هى الرماد والكلنكر (وهو كتل ضخمة منصهرة من المواد الغير قابلة للاحتراق)، والتى يتم التخلص منها بعد ذلك باستخدامها فى ردم المساحات المنخفضة من الأراضى. يمكن استخدام الكلنكر كركام للخلطات الخرسانية ذات القيمة المتدنية أو أن يستخدم فى مواد رصف الطرق.

المحارق كبيرة الحجم تسمى (**DESTRUCTORS**) ويمكنها حرق من ١٠٠ إلى ١٥٠ طن فنرى من المخلفات فى الساعة. وهذه تتكون من غرفة الفرن وغرفة الحرق وغرفة التمدد ومدخنة عالية (حوالى ٢٥ متر).

وفى مجال استخدام الحرق يلزم مراعاة النقاط التالية:

- الشحن يجب أن يكون متقنا وسريعا.
- كل شحنة من المخلفات تدخل الفرن يجب خلطها جيدا مع ضبط نسبة الوقود فى الشحنة نحو توفير الحرق الكامل ودرجة الحرارة المناسبة.
- أدنى درجة حرارة فى غرفة الحرق يجب أن تكون مرتفعة ٦٧٠م بما يكفى لحرق كل المواد العضوية وأكسدة الغازات ذات الرائحة الكريهة.

• رغـم أن المخلفـات الـزراعية ذات محـتوى عـالى مـن الـرطوبة وقيمة طاقة حرارية منخفـضة، ولكـن هـذه المخلفـات عـادة تكـون فـى أمـاكن حـيث يمكن معالجتها سريعا بالحرق.

مزايا الحرق:

- هذه الطرق آمنة صحيحا وهى تؤكد قتل الكائنات المرضة.
- لا يترتب عليه تصاعد غازات ذات رائحة كريهة.
- تحتاج إلى مساحة أقل للتخلص من المخلفات.
- يمكن استعادة التكاليف وذلك ببيع الكلنكر لمحطات البخار .. الخ.
- موقـع الحـرق (التـصرف) يمكـن ان يكـون قـريبا من المدنية بما يقلل من تكاليف النقل.

عيوب الحرق:

- عملية مكلفة وتحتاج مهارات.
- قد ينتج الدخان والرماد والروائح الكريهة فى حالة عدم إحكام عملية الحرق.
- عدد عربات النقل كبير، حيث يحدث تأخير أثناء التفريغ قرب الموقع.

الردم فى التربة : (LAND FILLING)

فـى هـذه التقنية يتم ردم المخلفات فى المساحات الأرضية المنخفضة فى شكل طبقات بـسمك ١,٥ مـتر وكـل طـبقة يتم تغطيتها بردم من تربة جيدة بسمك لا يقل عن ٢٠سم، وفـى ذلك لعدم التعرض المباشر للمخلفات. فى حالة العمق المطلوب ملؤه كبيرا، فإن الملئ (الـردم) يكـون فـى طبقات كما سبق ذكره، كل طبقة يتم تركها لمدة لا تقل عن ٧ أيام ثم دمجهـا جيدا قبل وضع الطبقة التالية. يتم رش المبيدات الحشرية على السطح لمنع توالد الباعوض والذباب.

تحلـل المـواد العـضوية يـتم بواسـطة الـبكتريا اللاهوائـية والـبكتريا الاختـيارية (**FACULTATIVE**) والفطـريات (**FUNGI**). الـبكتريا الاختـيارية تحـت الظـروف اللاهوائـية تعمـل علـى تحلل المواد العضوية المعقدة إلى أحماض عضوية بسيطة مذابة فى المـاء والتـى تتـسرب خـلال التربـة، بيـنما الفطريات والكائنات الصغرى الأخرى تسبب التحلل فى الظروف الهوائية لتكوين H_2O - Co_2.

خواص مميزات وعيوب هذه الطريقة هى:

المميزات:

- الطريقة سهلة واقتصادية.
- فرز المخلفات غير مطلوب.
- لا يوجد متبقى متروك.
- سهولة الإصلاح للأراضى المنخفضة.

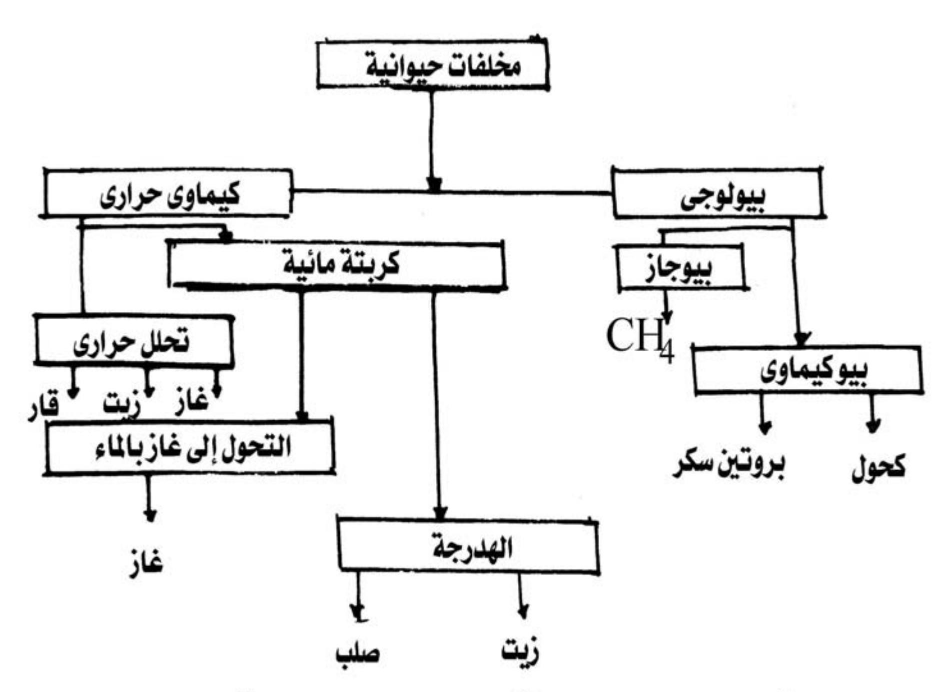
العيوب:

- احتمال عدم توفر مناطق ردم.
- التصاعد المستمر للغازات العفنة قرب الموقع والتى قد تؤثر على الصحة العامة للمساكن المجاورة.
- أهمية استخدام المبيدات.
- يلزم مساحات كبيرة.
- المخلفات قد تحتوى على مواد ضارة ومواد غير قابلة للتحلل البيولوجى مثل البلاستيك، البويات.. الخ وهذه تسبب مشاكل فيما بعد وخاصة أثناء نزول الأمطار حيث تتسرب المياه وتخرج من مناطق الردم لها ألوان وهذه تسمى (**LEACHE**) أو مياه الغسيل. هذه المياه الملوثة تسبب تلوث للمياه الجوفية وهذه قد تؤدى إلى انتشار الأمراض فى المنطقة وذلك فى حالة الاعتماد على المياه الجوفية كمصدر للمياه. ولكن بنفس الطرق يمكن الجمع والمعالجة العلمية فى الموقع.

طرق استعادة الوقود من المخلفات الحيوانية:

هذه الطرق أساسا بيولوجية وذات طبيعة كيماوية حرارية شكل (٦/٥)

العملية البيولوجية تشمل إنتاج غاز المثيان وعمليات بيولوجية تشمل تكون الكحول والروتين. العمليات الكيماوية الحرارية هى التحلل المائى (**HYDROLYSIS**)، الهدرجة، التحول إلى الغاز بفعل الماء (والهيدروجين) (**HYDRO - GASIFICATION**)، ولكن بسبب المحتوى العالى من سماد الحيوانات والماشية فإن استخدام العملية الحرارية الكيماوية يكون محدودا.



شكل ٥ طرق استعادة الوقود من المخلفات الحيوانية

العملية البيولجية : (BIOLOGICAL PROCESS)

فـى العملـية البيولوجـية الكائـنات الحـية الدقـيقة تـتغذى علـى المـواد العـضوية (**NUTRIENTS**) الموجـودة فـى مـياه الـصرف وذلـك لتـنمو وتتكاثـر وتـزداد لكـتلة البيولوجية (**BIOMASS**) وبالتالى تنطلق غازات مختلفة وكربوهيدرايد بسيطة.. العملية البيولوجـية يمكـن أن تـستخدم مجـال كبير من الكائنات الدقيقة والقدرة على الاستهلاك والتخلص من المخلفات الحيوانية.

التخمر أو الهضم اللاهوائى :

(ANAEROBIC DIGESTION OR FERMENTATION)

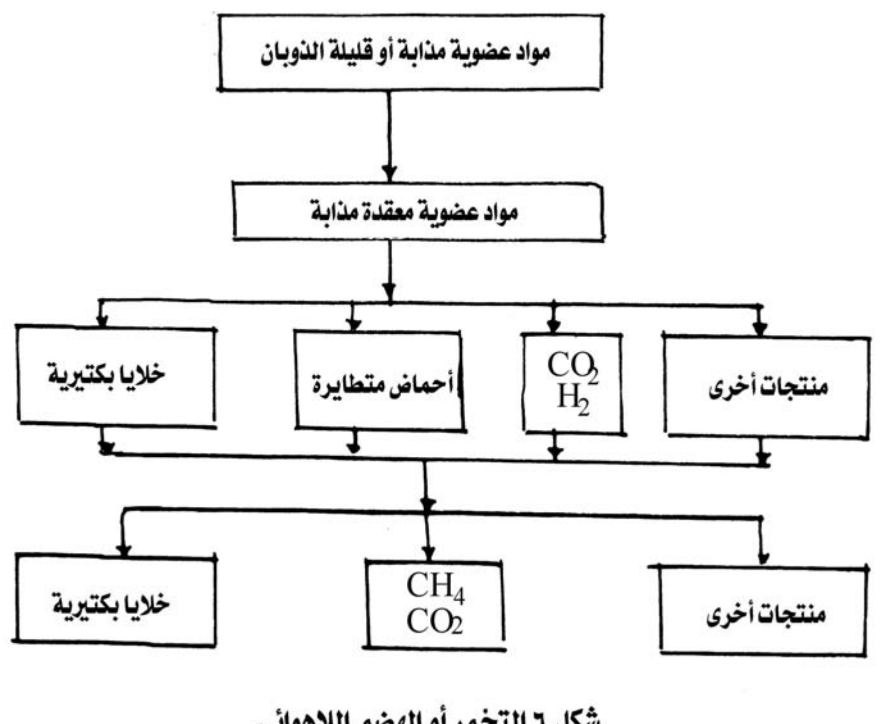
فـى هـذه يـتم إنـتاج غـاز الميثان بالتحلل اللاهوائى، أي التخمر وتتم هذه العملية فى ظروف بيئية خالية من الأكسجين تقريبا.

وهى تتم فى ثلاث مجالات من خلال العمليات الآتية شكل (٦/٦)

الإذابة **SOLUBILIZATION**.

الحموضة **ACIDIFICATION**.

إنتاج الميثان **METHANATION** .



شكل ٦ التخمر أو الهضم اللاهوائى

الإذابة: فى هذه الخطوة الأولية والتى يمكن أن يحدث بها أداء بكتيرى أو قد لا يحدث. فى هذه المرحلة المواد العضوية المعقدة التى تتكون من البروتينات. والكربوهيدرات والدهون تصبح مذابة.

الحموضة: وهذه تكون الخطوة الثانية من العملية. فى هذا تختزل البكتريا المواد العضوية المذابة إلى أحماض عضوية بسيطة.

إنتاج المثيان: إنتاج الميثان هو الخطوة الأخيرة حيث تقوم بكتريا الميثان (**METHANAOGENIC BACTENA**) باختزال الأحماض العضوية وبعض المركبات المؤكسدة الأخرى إلى الميثان وثانى أكسيد الكربون.

العمليات الحرارية الكيماوية :(THERMO CHEMICAL PROCESSES)

هذه يمكن أن تنقسم إلى :

التحلل الحرارى (**PYROLYSIS**).

الهدرجة (**HYDROGENATION**).

التحول إلى الغاز بالهيدروجين ۰ **HYDROGASIFICATION**).

فـى طـريقة التحلل الحرارى فإن المخلفات يتم تحللها كيماويا فى نظام مغلق بواسطة الحرارة. عندئذ فإن المخلفات تتحول إلى وقود غازى، سائل، قار وماء محتويا على بعض المواد العضوية المذابة.

الهدرجـة تتـضمن التـسخين للمخلفات تحت الضغط فى وجود ثانى أكسيد الكربون، البخار وعامل وسيط فى نظام مغلق لإنتاج الميثان وغازات أخرى.

فـى عملـية التحول إلى الغاز بالهيدروجين فإن الميثان يتكون بالتفاعل المباشر للكربون فـى المخلفـات مـع الهـيدروجين. لـتحويل المخلفـات الحيوانية فإن هذا السماد الطبيعى (**MANURE**) يمكـن أن يـتفاعل مع الهيدروجين تحت ظروف متعددة لإنتاج منتجات غازيـة. وهـذا الـتفاعل منتج للحرارة حيث تتوالد الحرارة ويمكن استخدامها لتوليد بخار للطاقة.

إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوى) : (BIO GAS PLANTS)

فـى الـدول النامـية يكون من الصعب توفير نظام كفؤ للتخلص من المخلفات (قد تكون زراعـية، حيوانـية، آدمـية، وذلـك لأسـباب كثيرة ولكن رغم هذا فقد أظهرت الدراسات والأبحـاث تكنولوجـيا جديـدة وهـى عملـية إنـتاج البـيوجاز والتـى توفر ليس فقط الحل المناسـب لمشكلة التصحاح البيئى ولكنها توفر كذلك طريقة جيدة واقتصادية لتوليد الوقود المنـزلى وهـو البـيوجاز والـذى لـه قـيمة حـرارية عالـية بالإضافة إلى أنه لا يسبب تصاعد دخـان (**SMOKERESS**). منـتج جانبـى آخـر مفـيد عـند اسـتخدام هذه التقنية وهو السماد الطبيعى والذى يمكن استخدامه كسماد للتربة.

أهمية ودلالة وحدة البيوجاز يمكن وصفها كالآتى :

أ - ـريقة مؤثرة فى التخلص من المخلفات :

(۱) **المخلفات الآدمية:** نقـل هـذه المخلفـات إلى وحـدة البـيوجاز يمكـن أن يحل مشكلة الـتخلص مـن هذه المخلفات على مستوى الأسرة نفسها عملية التحلل فى وحدة البيوجاز

تساعد فى قتل الكائنات المسببة للأمراض. المشاكل الخاصة بالرائحة والمنظر والهوام يمكن التخلص منها بهذه الطريقة.

(٢) **المخلفات الحيوانية والنباتية:** هذه المخلفات تشكل كمية كبيرة من المخلفات فى القرى والمجتمعات الريفية. التخلص منها يمكن أن يتم بعدد من الطرق مثل الردم، الجمع والحرق.. الخ، ولكن استخدام وحدة البيوجاز للتخلص من هذه المخلفات يوفر التغلب على سلبيات الطرق السابقة. هذا بالإضافة إلى أن هذه التقنية تناسب المجتمعات الريفية الزراعية.

(٣) **هذه مصدر للوقود المنزلى المسمى البيوجاز:** منذ زمن بعيد أستخدم روث البهائم كمصدر للوقود فى شكل أقراص، وهذه تحترق مع إنتاج دخان تاركة متبقى من الرماد ليس له قيمة تسميدية. ولكن فى حالة استخدام وحدة البيوجاز سيتم إنتاج وقود جيد يحتوى على ٥٥ — ٧٠٪ ميثان (Ch_4)، (٣٠ — ٤٥٪ Co_2) جنبا إلى جنب مع خليط قليل من غازات أخرى. الوقود الغازى المنتج بهذه الطريقة يكون أخف من الهواء ويحترق حيث اللهب لا ينتج السناج (**SOOT**)، وعند طاقة حرارية عالية حوالى ٤٧٠٠ كيلو كالورى.

ب — توفير السماد الطبيعى للزراعة:

الردغة (**SLURRY**) التى تخرج من الوحدة تمثل سماد للتربة من النوعية الجيدة، خالى من بذور الأعشاب وكذلك من الروائح الكريهة ومن الكائنات الحية الصغيرة المسببة للأمراض والتى قد تسبب أمراض للنباتات. السماد الطبيعى الناتج من هذه الطريقة له محتوى جيد من معظم مواد الغذاء للنبات مثل الكربون، النيتروجين ، الفوسفور وهو أفضل نسبيا من السماد الطبيعى العادى (**MANURE**)، بالنسبة لكل من النوعية والكمية كما هو موضح فى الجدول التالى:

جدول (١) مقارنة لردغة وحدة البيوجاز (الهضم) والسماد الطبيعى بالنسبة لمحتوى الغذاء للنباتات:

غذاء النبات	النسبة فى الردغة المهضومة	النسبة فى السماد الطبيعى الحقلى
النيتروجين (N)	١,٥ — ٢ ٪	٠,٥ — ١ ٪
الفوسفور (P_2O_5)	١ ٪	٠,٥ — ٠,٨ ٪
البوتاسيوم (K_2O)	١ ٪	٠,٥ — ٠,٨ ٪

يوجد كذلك مواد عضوية غذائية أخرى مثل الزنك، الحديد، المنجنيز، النحاس.. الخ فى الردغة المهضومة وبذا فإن استخدام هذا السماد يمكن أن يزيد الإنتاجية الزراعية بنسبة ١٠ — ٢٠٪.

جـ - الردغة المهضومة يمكن استخدامها كذلك:

وجد أن الردغة مفيدة فى رفع إنتاجية الأسماك. فالأسماك النهرية العادية والأسماك الصغيرة عند تغذيتها بنخالة الأرز والردغة المهضومة (١: ٣) مقابل أقراص زيت الخردل ونخالة الأرز (١:١) على أساس تساوى النيتروجين، أظهر نمو عالى للخليط الأول. لأنواع أخرى من الأسماك فإن كميات متساوية من أقراص زيت الخردل، الحبوب، الردغة المهضومة يوصى بها.

د — القوة المحركة:

لقد استخدمت بعض القوى بنجاح البيوجاز كمصدر للوقود للتشغيل الميكانيكى للصناعات الزراعية. كما تم استخدامه بنجاح فى تشغيل محركات البنزين والديزل (فى حالة محركات البيوجاز). هذا بجانب امكان توليد الكهرباء.

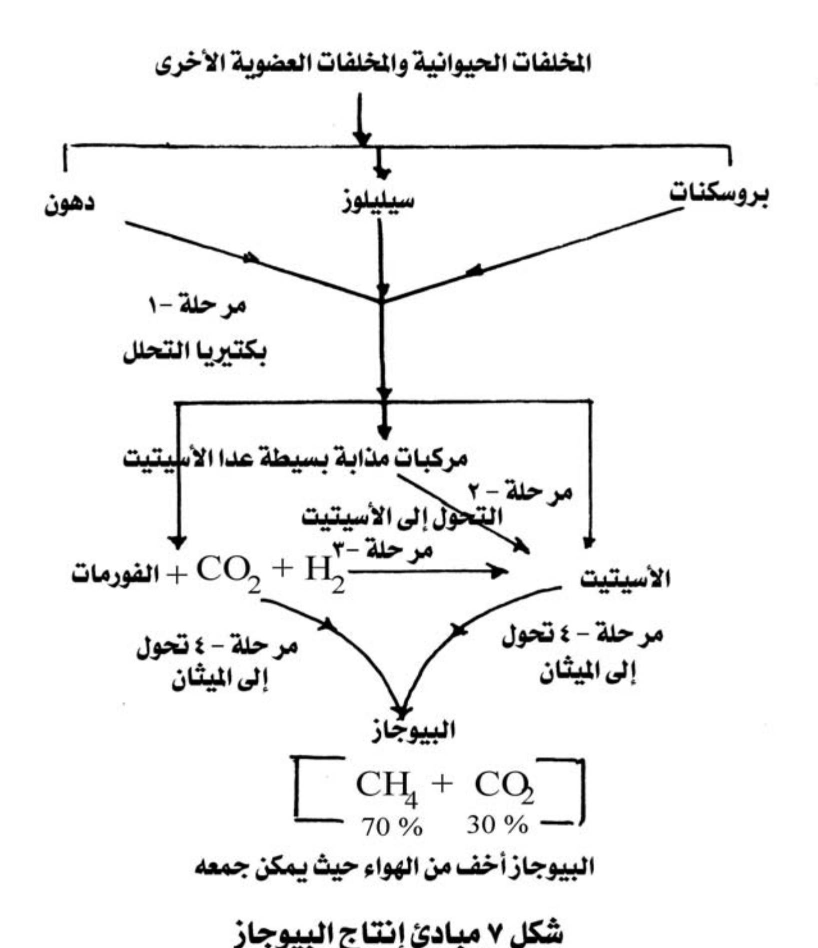
المخلفات المستخدمة فى إنتاج البيوجاز:

المخلفات المستخدمة فى تغذية وحدة إنتاج البيوجاز تشمل المخلفات الحيوانية والآدمية ومخلفات الدواجن الخالية من الريش، الغائط البشرى.. الخ. هذا بالإضافة إلى مخلفات المطابخ، والمخلفات من الخضروات والفاكهة.. الخ.

إنتاج البيوجاز:

إنتاج البيوجاز (الوقود الغنى بغاز الميثان Ch_4) هو عملية لاهوائية حيث تعمل مجموعات مختلفة من البكتريا على تحلل المخلفات العضوية المعقدة، وذلك بمعزل عن الهواء. العملية كلها تسمى التخمر اللاهوائى **ANAEROBIC FERMENTATION** والتى تشمل مجموعة من العمليات الكيماوية. وقبل التعرض لتفاصيل العملية فإنه يلزم معرفة مبادئ هذه العملية.

مبادئ إنتاج البيوجاز: (شكل ٧).



شكل ٧ مبادئ إنتاج البيوجاز

كما هو واضح فى الشكل (٧) فى المرحلة الأولى فإن بكتريا التحلل (**HYDROLYTIC BACTERIA**) تقوم بتحليل المواد العضوية المعقدة (الدهون، السيليلوز، البروتين.. الخ) وتحولها إلى مركبات بسيطة مذابة مثل **H_2 , Co_2** والأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئى المنخفض. المرحلة الثانية تتضمن تحويل المنتجات النهائية للمرحلة الأولى إلى الاسيتيت (**ACETATE**) بفعل جين الأسيتيت (**ACETOGENS**)، جين الأسيتيت البشرى هذا يبدأ فى المرحلة الثانية حيث يحول **H_2**، ومركبات الكربون البسيطة جدا لإنتاج أسيتيت أكثر. أخيرا، المركبات البسيطة جدا مثل **H_2 , Co_2**، الفورمات (**FORMATES**)، الأسيتيت (**ACETATES**).. الخ. تتحول إلى الميثان (**Ch_4**) بواسطة جينات الميثان (**METHANOGENS**).

العملية بالتفصيل:

سلسلة التفاعلات المعقدة فى عملية هضم المخلفات العضوية يمكن أن تنقسم إلى مرحلتين أساسيتين أى وهما مرحلة التحول إلى الحامض(**ACIDOGENIC PHASE**) والتى تشمل المراحل ١ ، ٢ ،٣ كما فى الشكل (٧) حيث المخلفات العضوية تتحول أساسا إلى الأسيتيت ثم مرحلة التحول إلى الميثان (**METHANOGENIC PHASE**) وهى المرحلة ٤ كما سبق توضيحه حيث يتكون الميثان وثانى أكسيد الكربون (البيوجاز).

أ – مرحلة التحول إلى حامضى: (**ACIDOGENIC PHASE**)

تخمر المجال الحامضى هو خطوة أساسية فى إنتاج البيوجاز، ذلك لأنه ينتج الأسيتات (**ACETATES**) والتى هى الأساس الأولى لتكوين الميثان. المنتجات النهائية لتخمر المجال الحامضى هى الأسيتات، الأحماض الدهنية العالية، H_2 , Co_2. الكربوهيدرات المبلمرة الموجودة فى المخلفات العضوية المعقدة يتم تحللها بواسطة الانزيمات إلى سكريات عضوية بسيطة وأحماض عضوية قصيرة التسلسل، مثل حامض الأسيتيك، حامض اللاكتيك، حامض البروبيونيك.. الخ، والميثانول، الايثانول، البروبونول.. الخ.

التحلل الأولى للسكريات فى التخمر هو إلى حامضى البيروفيك **PYRUVIC ACID** مع تصاعد الهيدروجين فى شكل معقد حامل للهيدروجين. هذا الهيدروجين عندئذ يمكن استخدامه فى اختزال حامض البيروفيك إلى حامض البروبيونيك (**PROPIONIC**)، وكذلك فإن حامض البيروفيك يمكن اختزاله إلى الميثانول، خلال طرق مختلفة

$$\underset{\text{PYRUVIC ACID}}{CH_3COCOOH} + 2H \longrightarrow \underset{\text{ETHANOL}}{C_2H_5OH} + CO_2$$

أو

$$\underset{\text{PYRUVIC ACID}}{CH_3COCOOH + 2H} \longrightarrow \underset{\text{LACTIC ACID}}{C_2H_5\ COCOOH}$$

أو التحول إلى حامض السكسينيك (**SUCCINIC**) كالآتى:

$$CH_3COCOOH + 2CO_2 + 2H \longrightarrow \underset{\text{SUCCINIC ACID}}{HOOCCH_2COOH} + H_2O$$

إنتاج حامض الأسيتيك من حامض البيروفيك كالآتي:

$$CH_3COCOOH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + H_2O + CO_2$$

PYRUVIC ACID **ACETIC ACID**

عـــندئذ يمكـــن اســـتخدام الهـــيدروجين بواســـطة بكتريـــا الـــتحول إلى الميـــثان (**METHANOGENIC BACTERIA**) لإنتاج الميثاتن والماء كالآتي:

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

METHANE

مرحلة التحول إلى الميثان: (METHANOGENIC PHASE)

وهذه تتضمن تحول المنتجات الوسيطة لمرحلة الحامض لتكوين الميثان. المادة الأساسية للـتحول إلى الميـثان هـى حـامض الأسـيتيك والهـيدروجين زائـد ثانـى أكـسيد الكربون. حامض الأسيتيك يعتبر هو المادة الأساسية الهامة.

الـتفاعلات الكلـية المتـضمنة فـى إنـتاج الميـثان يمكـن أن تـرجع إلى انشقاق واختزال حـامض الأسـيتيك والهـيدروجين علـى التوالى. انشقاق حامض الأسيتيك ينتج عنه تحول مادة ميثيل الكربون (**Methy Carbon**) إلى الميثان وثانى أكسيد الكربون . ثانى أكسيد الكربون يتم بعد ذلك اختزاله إلى الميثان كالآتي:

$$C_2H_5O_2 \longrightarrow CH_4 + C_2O$$

حامض الأسيتيك

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

عـند تكـون الميثان من الكربوهيدرات، فإنه يقدر أن ٦٦٪ من الميثان يكون من حامض الأسيتيك، بينما ٣٣٪ تكون من الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون.

معايير وضوابط العملية:

التخمـر اللاهوائى يتوقف على عدد من العوامل. العوامل التى تؤثر على إنتاجية الغاز يمكن أن تنقسم إلى قسمين وهما العوامل البيئية وعوامل التشغيل.

١ - العوامل البيئية:

وهذه تشمل أساساً درجة الحرارة، الرقم الهيدروجين (**PH**) والمواد السامة.

أ - درجة الحرارة:

درجـة حـرارة الـتخمير لهـا تـأثير كـبير علـى إنتاجـية الغـاز. يوجد مجالين لدرجة الحـرارة التـى تـنمو فـيهم الـبكتريا اللاهوائـية وهمـا مجـال الاعـتدال الحـرارى

(**MESOPHILIC RANGE**) من (٢١م إلى ٤٥) والمجال الحرارى (**THERMOPHILIC**) من (٤٥م إلى ٧٠م).

وجد أن البكتريا شديدة الحساسية للتغير فى درجة الحرارة. فمثلاً، التغير المفاجئ فى درجة الحرارة (أكثر من ٣٠م) وجد انه يؤثر بشدة على الكائنات الحية الدقيقة.

ب – الرقم الهيدروجين (**PH**):

البكتريا المكونة للحامض يمكن أن تتحمل عند رقم هيدروجينى منخفض حتى ٥,٥، ولكن التحول لميثان حساس لقيمة الرقم الهيدروجينى ما بين ٦,٦ إلى ٧,٦ حيث أقصى مجال هو ٧ إلى ٧,٢. الرقم الهيدروجينى للهاضم قد ينخفض إلى ٦ أو أقل، فى حالة تراكم زائد من الأحماض المتطايرة. عندما يصبح الهاضم (**DIGESTOR**) حامضى (**SOUR**) فإنه يمكن التغلب على المشكلة إما بإيقاف تغذية الهاضم لعدة أيام قليلة أو بإضافة الجير المطفى (**LIME**) لضبط الرقم الهيدروجينى.

جـ - المواد السامة:

التركيز العالى للأمونيا، المضادات الحيوية، المبيدات الحشرية، المنظفات الصناعية، المعادن الثقيلة (الكروم، النحاس، النيكل، الزنك.. الخ، يعتبر سام للكائنات الحية الدقيقة التى تساهم فى عملية إنتاج البيوجاز.

المواد المختلفة المتاحة فى التجمعات الريفية هى عادة خالية إلى حد كبير من هذه المواد السامة، وإن كان إعاقة إنتاج الغاز بفعل الأمونيا والأحماض المتطايرة فى وحدة إنتاج البيوجاز (الهاضم) من المخلفات الحيوانية والنباتية يمكن تصحيحه بالإدارة الصحيحة والتخفيف. ولكن إنتاج البيوجاز من المخلفات الصناعية يتطلب مراعاة وجود المواد السامة.

٢ – عوامل التشغيل : (**OPERATIONAL FACTORS**)

عوامل التشغيل ذات التأثير على عمليات إنتاج الغاز هو زمن المكث الهيدروليكى (**RETENTION TIME**)، تركيز الردغة والخلط.

أ – زمن المكث الهيدروليكى:

زمن المكث الهيدروليكى هو متوسط عدد الأيام التى تمكثها الردغة فى الهاضم. عند أفضل الظروف فإن ٨٠ – ٩٠٪ من إجمالى إنتاج البيوجاز يتم الحصول عليه خلال فترة من ٣ – ٤ أسابيع. بالنسبة لمحطات إنتاج البيوجاز الصغيرة فإن زمن المكث

الهيدروليكى يكون عموما ٣٠ يوم أو أكثر. فى حالة انخفاض زمن المكث الهيدروليكى فإن البكتريا يتم غسيلها إلى خارج الهاضم بالسرعة التى يمكن بها أن تتكاثر، بما ينتج عنه عدم ثبات أعداد البكتريا. الحد الأدنى لزمن المكث الهيدوليكى هو زمن الغسيل للخارج أو الزمن اللازم لبكتريا الميثان أن تزيد من أعدادها عند درجة حرارة معينة. أما الحد الأعلى فهو له علاقة باقتصاديات إنشاء الوحدة.

ب – تركيز الردغة: (SLURRY CONCENTRATION)

وهذا يتحدد طبقا لمحتوى المادة الصلبة فى الشحنة الداخلة. أقصى مستوى لردغة القطيع هى ٩٪ وأي تغير عن ذلك ينتج عنه انخفاض فى إنتاج الغاز. خلط أربع أجزاء من المخلفات الحيوانية مع خمسة أجزاء من الماء يكون الردغة ذات تركيز المادة الجافة بنسبة ٩٪. لذلك فإن أقصى محتوى من الماء للشحنة الداخلة هو ٩٠٪ من إجمالى الوزن. فى حالة زيادة المحتوى من المادة فإن معدل إنتاج البيوجاز لوحدة الحجم سيقل بينما المحتوى المنخفض من الماء يعمل على تراكم حامض الأسيتيك بما يعيق عملية التخمر.

جـ - الخلط:

يعتبر الخلط عملية أساسية لتحقيق كفاءة إنتاج البيوجاز حيث يعمل على الالتصاق المتكرر للكائنات الدقيقة مع المخلفات بما يحقق الاستخدام لكل المحتويات فى الهاضم. ومن المهام الأساسية للخلط هى منع تكون الخبث السطحى على السطح العلوى والذى فى حالة وجوده يقلل من الحجم المؤثر للهاضم، بالإضافة إلى إعاقة التدفق العلوى للغاز. الخلط ينتج عنه تفريغ بعض المدخلات فى حالة مبتسرة (**PREMATURE**)، وفى حالة النظام حيث الخلط لا يتم فإنه ينتج تفاعل أفضل ولكن تظل مشكلة تكون الخبث.

تصميم وحدة إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوى) :

يوجد تصميمين لوحدة إنتاج البيوجاز هما:

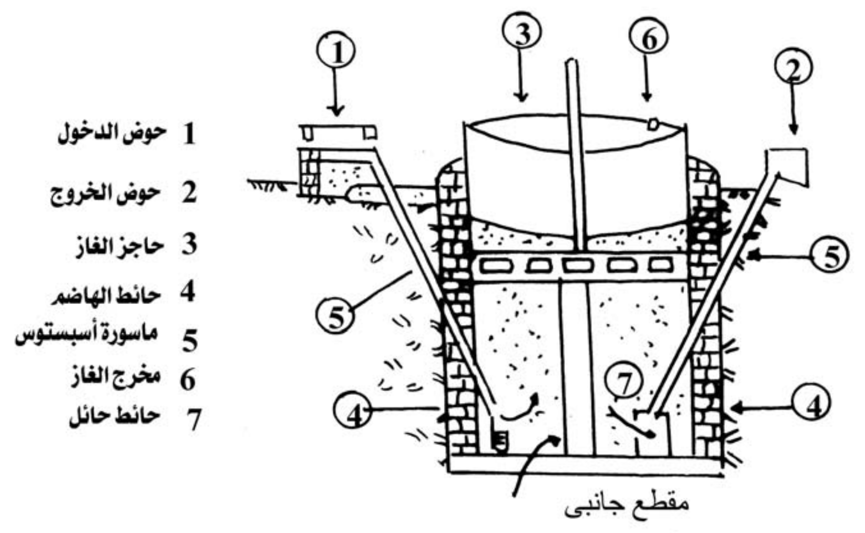
أ – النوع الطافى لحجز الغاز (**FLOATING GASHOLDER**) وهو ما يسمى وحدة بيوجاز جوبار (**GOBAR BIOGAS PLANT**).

ب – نوع القبة الثابتة (**FIXED DOMETYPE**) وهو ما يسمى بوحدة غاز جوبار (**GOBAR GAS PLANT**).

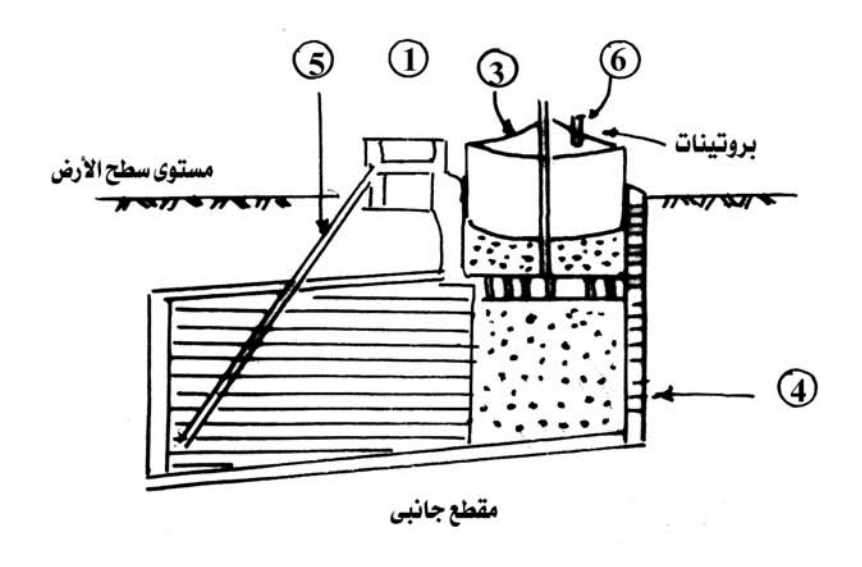
وقريبا تم استحداث بديل للنوع الطافى لحجز الغاز والمسمى جانيش (**GANESH**).

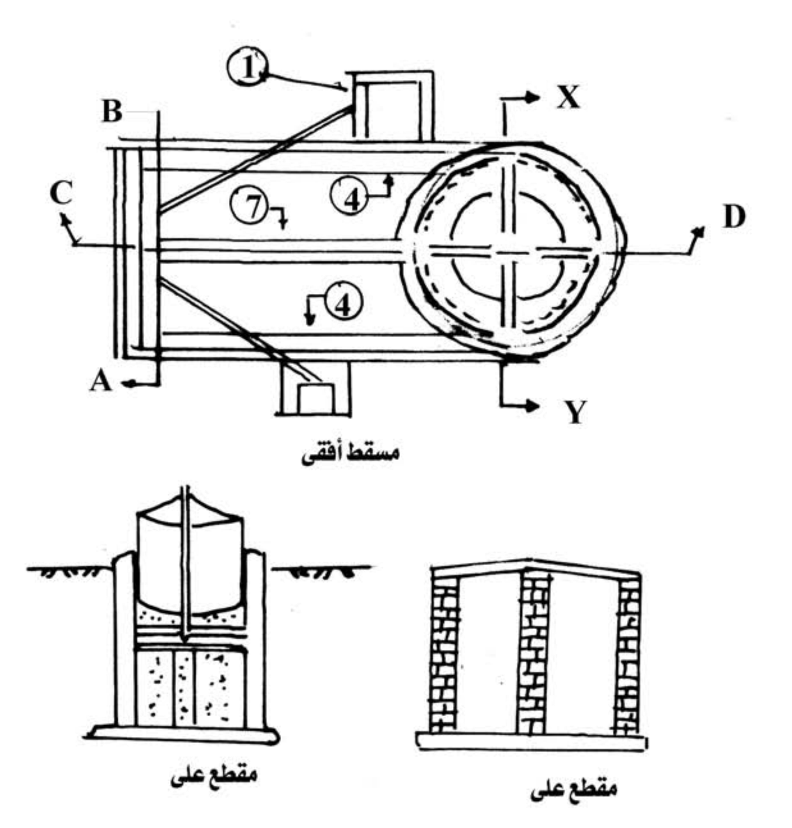
أ – وحدة حجر غاز البيوجاز الطافية:

وهـذه يمكـن أن تكـون إمـا مـن الـنوع الرأسى شكل (٨/أ). وهى مناسبة للمساحات الغـير صـخرية وحـيث خط المياه الجوفية منخفض (حوالى ٣ متر أسفل سطح الأرض) أو مـن الـنوع الأفقـى (٨/ب) للمناطق الصخرية وحيث خط المياه الاستاتيكى مرتفع (حوالى ١,٥ متر أو أقل أسفل سطح الأرض)



شكل ٨ أ وحدة إنتاج الغاز العمودية ذات الحاجز الطافى للغاز





شكل ٨ ب وحدة إنتاج البيوجاز الرأسية ذات حاجز الغاز الطافى

وحـدة الطفـو وحجز الغاز تتكون من هاضم (**DIGESTOR**) حاجز للغاز، وتجهيز للدخـول والخـروج وتجهيـزه إزالـة المـاء. يتم جمع روث الماشية وخلطه بالماء فى حوض خلـط والـذى هـو جـزء مـن تجهيـزه الدخـول. يتم دخول ردغة الروث إلى الهاضم خلال ماسـورة دخول مصنوعة من الأسبنسوس الاسمنتى. الردغة يتم حجزها لمدة زمنية معينة (٣٠ ، ٤٠ أو ٥٠ يـوم طـبقاً لظـروف كـل مـنطقة) للـتحلل. أبعاد الهاضم (القطر والعمق) تخـتلف طـبقا لـسعة الـوحدة. الهاضـم لـه جـدار عازل (**partition wall**) فى الوسط، والـذى يقـسمه إلى نـصفين متـساويين. تـوجد ماسـورتين تـصلا قـاع الهاضم على كل من جانبى حائط العزل ومفتوحة إلى الخارج عند سطح أساسا الهاضم. أحد هذه الأنابيب هو المدخل والآخر هو المخرج.

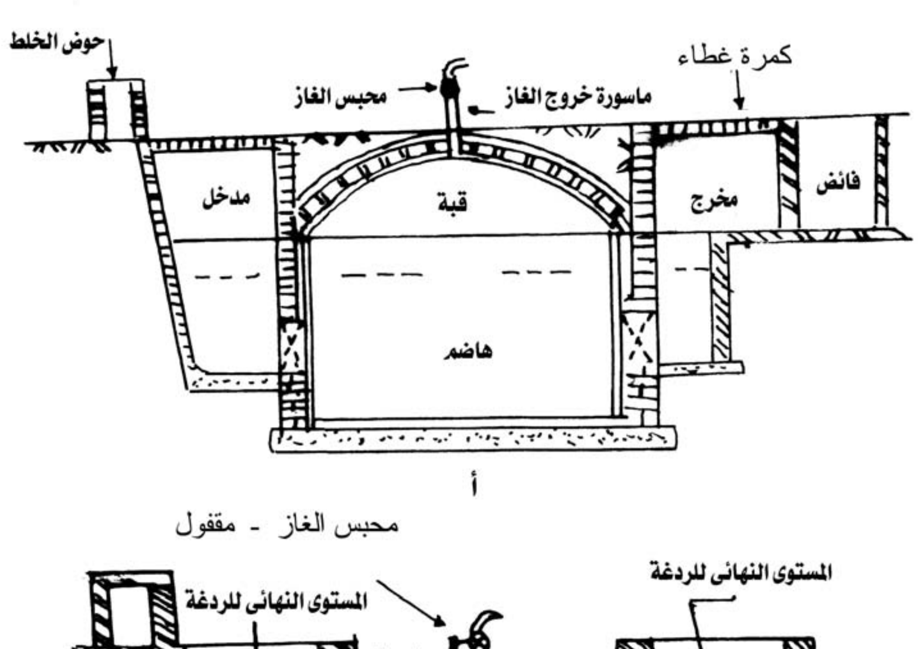
تـتكون تجهيـزه حجـز الغـاز مـن إطـار توجيه مركزى، وبرميل أسطوانى مصنوع من ألـواح الـصلب المطـاوع ومخـرج للغـاز. يـتم المحافظـة على البرميل مقلوبا على الهاضم، بحـيث أنـه ينغمـر فـى الـردغة ويرتكز على ركائز منشأة داخل الهاضم. عند فتح مخرج الغـاز فـإن الغـاز الـذى تجمـع فـى الـبرميل يـتم دفعه إلى الخارج إلى خط المواسير بفعل الـبرميل نفـسه، عند ضغط ثابت بحوالى ٨ إلى ١٠سم من عامود الماء (٠,٠٨ — ٠,١ ضغط جـوى). عـندئذ يتحـرك الـبرميل إلى أسفل. هذه الحركة إلى أعلا وإلى أسفل للبرميل يتم توجيهها بواسطة ماسورة توجيه مثبتة فى الإطار المثبت فى حائط الهاضم.

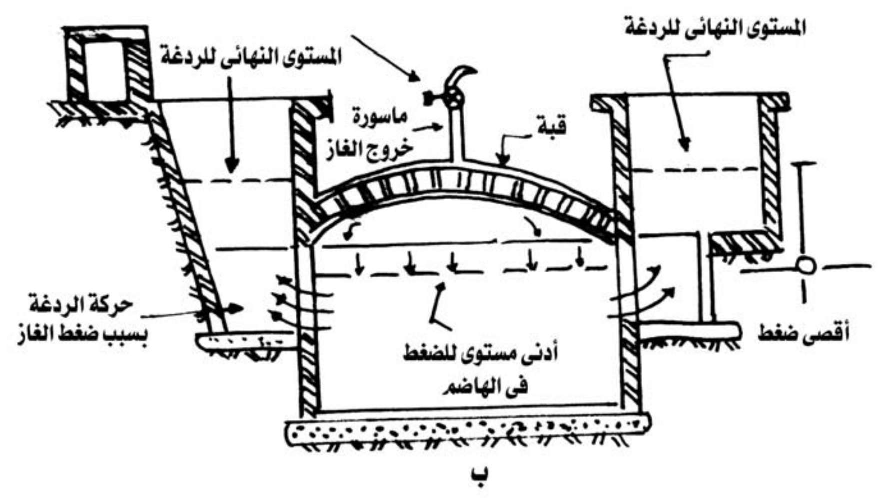
ب — وحدة البيوجاز ذات القبة الثابتة : (fixed dome)

هـذا الـنوع مـن وحـدة إنـتاج البـيوجاز هـو منـشأ كلية من المبانى مع حاجز لغاز من الـصلب شـكل (٩). كـلا مـن الهاضـم ووحـدة حجـز الغـاز يكونا معا وحدة أسفل تحت الأرض. أبعـاد المـدخل والمخـرج فـى هـذه الحالـة أكبر مقارنة بتلك فى نوع حاجز الغاز الطافى.

تخمـر ردغـة المخلفـات الحيوانـية تـتم فى الهاضم، عند تكون الغاز، فإنه يرتفع إلى أعـلا حـيث يتم تجميعه فى القبة. ضغط الغاز يدفع الردغة إلى أسفل ويسبب تسربها إلى غـرف الدخـول والخـروج، حـيث يـرتفع مـستوى الـردغة. مستوى الإزاحة للردغة يؤثر الـضغط الـلازم لدفـع الغـاز إلى أعلا نحو الموقد فى المطبخ. الغاز فى هذا النوع يتم إنتاجه عـند ضغط متغير يتراوح ما بين صفر حتى ٩٠ سم من عامود الماء. مع استهلاك الغاز فإن مستوى الردغة فى غرفة الدخول والخروج ينخفض إلى أسفل حتى المنسوب الأولى. حجم

الغـاز المخـزن فـى الـوحدة فـى أي وقت يساوى حجم الردغة المزاحة فى غرف الدخول والخروج شكل (٩). نسبة القطر إلى الارتفاع للهاضم تكون ثابتة عند ١٫٧٥ : ١.





شكل ٩ وحدة البيوجاز ذات القبة الثابتة

مقارنة التصميمات: (COMPARISON & DESIGNS)

المقارنة بين هذين التصميمين موضح فى الجدول التالى:

جدول مقارنة بين الحاجز الطافى للغاز والجهاز ذو القبة الثابتة :

جهاز الحاجز الطافى لغاز	الجهاز ذو القبة الثابتة
١ – إنشاء الهاضم بسيط، ولكن تصنيع حاجز الغاز يتطلب استخدام أشغال ميكانيكية.	إنشاء جزء القبة للوحدة هو عملية تتطلب مهارة خاصة نحو تدريب البنائين.
٢ – إنطلاق الغاز يكون عند ضغط ثابت.	انطلاق الغاز يكون عند ضغط متغير، والذى يمكن ان يسبب خفض قليل فى كفاءة مهمات استخدام الغاز
٣ – وجود مشاكل فى حاجز الغاز وإصلاحه يكون سهلا.	وجود مشاكل فى القبة وإصلاحها صعب.
٤ – يحتاج إلى أعمال حفر قليلة نسبيا.	يتطلب أعمال حفر كبيرة
٥ – فى المناطق حيث منسوب المياه الجوفية المرتفع نكون الوحدات الأفقية مناسبة.	يعصب إقامة الوحدة فى المناطق ذات منسوب المياه الجوفية المرتفع.

مميزات القبة الثابتة بحاجز الغازا افى :

جهاز الحاجز الطافى لغاز	الجهاز ذو القبة الثابتة
١ – الاستثمارات الرأسمالية عالية.	الاستثمارات الرأسمالية لنفس الحجم قليلة.
٢ – حاجز الغاز يجب أن يكون من الصلب والذى يتطلب استبداله بعد سنوات قليلة يسبب التآكل والتلف.	لا يحتاج إلى حاجز للغاز من الصلب.
٣ – تكاليف صيانة المواد عالية.	نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة فإن تكاليف الصيانة تكون قليلة.
٤ – عمر الخدمة للوحدة يكون حوالى ٣٠ عام وذلك لحاجز الغاز ٥ — ٨ سنوات.	عمر الخدمة للوحدة يتوقع أن تكون اكثر نسبيا.
٥ – البرميل المتحرك لا يوفر استخدام المساحات لأغراض أخرى.	لأن الوحدة هى منشأ تحت الأرض، فإن المساحة العلوية يمكن استخدامها فى أغراض أخرى.
٦ – يزداد تأثير انخفاض الحرارة فى فصل الشتاء.	يقل تأثير انخفاض الحرارة.
٧ – مناسب المخلفات الحيوانية والآدمية فى شكل ردغة. المواد العضوية الأخرى تحدث انسداد فى ماسورة الدخول.	يمكن استخدام مواد أخرى بسهولة بالإضافة إلى ردغة المخلفات الحيوانية.

العوامل التى يجب أن تراعى فى اختيار نوع وحدة البيوجاز:

اختيار أى من التصميمين يتوقف كذلك على عوامل فنية، مناخية، جغرافية واقتصادية فى منطقة معينة.

* **العوامل الفنية:**

نوع حاجز الغاز الطافى يمكن إنشاؤه بمهارات متوسطة باستخدام البناءين المحليين المحترفين فى بناء آبار المياه المكشوفة، بينما بناء نوع القبة الثابتة يتطلب مهارات أعلا والحرص الذى يحتاج إلى عمالة بناء ذات تدريب جيد نحو البناء المانع للتسرب.

العامل الآخر هو توفير التجهيز لكسر الخبث المتكون على الردغة. فى حالة حاجز الغاز الطافى يمكن كسر الخبث بتدوير الحاجز نصف دورة لمدة ٥ — ١٠ دقائق مرة كل يوم. يتم غرس قضيب من الحديد أو من الخيرزان خلال فتحة الخروج لتقليب الردغة فى وحدة القبة الثابتة والتى هى عمل مزعج ومرهق. جارى الأبحاث نحو تطوير نظام لكسر الخبث.

يتساوى فى الأهمية هو إزالة الردغة المهضومة، فى حاجز الغاز الطافى عندما يتم إضافة ردغة جديدة فإن الردغة المهضومة تتحرك أوتوماتيكيا إلى الخارج بسبب قوة الجاذبية. ولكن فى حالة القبة الثابتة، عادة الردغة لا تطفو أو تتدفق إلى الخارج حيث يمكن إزالتها بالدلو.

يجب كذلك مراعاة توفر مواد الإنشاء. الطوب والأسمنت من النوعية الجيدة يجب التأكيد عليه فى حالة الوحدة ذات القبة الثابتة، بينما حاجز الغاز المصنوع من الصلب المطاوع فى ورشة يلزم توفيره فى حالة نوع حاجز الغاز الطافى.

* **العوامل المناخية:**

نظرا لأن وحدة إنتاج البيوجاز ليس لها نظام التحكم الآلى فى درجة الحرارة، فإن معدل إنتاج البيوجاز يتوقف إلى حد كبير على درجة حرارة الجو. زمن المكث للردغة فى الهاضم للحصول على ٨٠٪ من إجمالى الغاز يتوقف إلى حد كبير فى المكان. لذلك فإنه يمكن تقسيم الأماكن الجغرافية طبقا لدرجات الحرارة أثناء فصل الشتاء كالآتى:

متوسط درجة الحرارة أثناء فصل الشتاء °ْ	زمن المكث باليوم
درجة الحرارة من ٢٠ حتى ٢٥ْم.	٣٠ يوم
درجة الحرارة من ١٥ حتى ٢٠ْم.	٤٠ يوم
درجة الحرارة من ١٥ حتى صفرْم.	٥٥ يوم

* **العوامل الجغرافية:**

عموما يمكن بناء أي وحدة حيث يمكن حفر حفرة الهاضم بحوالى ٣ متر بدون تفجير وبدون إزالة للمياه الجوفية. ولكن وحدة حجز الغاز الطافية الأفقية مصممة فى المناطق ذات منسوب خط الماه المرتفع أى أقل من ٢ متر فى معظم أجزاء العام. فى هذه المساحات، فإن نوع القبة المثبتة يجب أن يتوفر لها أساس من الخرسانة المسلحة.

وحدة إنتاج البيوجاز يجب عدم وضعها بعيدا عن آبار مياه الشرب بمسافة لا تقل عن ٢٠ متر. مع التأكيد على عدم حدوث تلوث للماء نتيجة لتسرب ردغة المخلفات.

* **العوامل الإقتصادية:**

تكاليف الإنشاء لوحدة حجز الغاز الطافية تزيد بنسبة ٢٠ — ٣٠٪ عن تكاليف إنشاء وحدة القبة الثابتة. وإن كانت التكلفة تتغير طبقا لأسعار السوق السائدة للمواد.

موقع الإنشاء يجب أن يكون جيد الصرف، وفى مساحة مستوية حيث سطوع الشمس يكون متاحا.

يجب أن تكون الوحدة قريبا من حظيرة الماشية والمطبخ كلما أمكن ذلك ولكنها يجب أن تكون بعيدة عن طرق تحرك الماشية والأطفال. يجب أن تكون بعيدا عن البئر بمسافة لا تقل عن ٢٠ متر وبعيدة عن حوائط المنزل بمسافة من ١ إلى ١,٥ متر. يجب عدم وجود صرف فوق الوحدة.

ـاقة وحدات البيوجاز:

يجب أن تكون وحدة البيوجاز قادرة على تلبية احتياجات المستخدمين. يمكن تقدير طاقة الوحدة بمضاهاه المتاح اليومى من المخلفات الحيوانية والمقدر استخدامه من الغاز.

كميات البيوجاز المستهلكة لمختلف الاستخدامات موضحة الجدول الآتى:

جدول يوضح استهلاك البيوجاز لمختلف الاستخدامات:

استخدام	المواصفات	الحمل السنوى للراسب (مليون ـن مترى)
الطبخ	٢ موقد	٠,٣٣
	٤ موقد	٠,٤٧
	٦ موقد	٠,٦٤
	للفرد فى اليوم	٠,٢٤
وحدة إضاءة بالغاز	١٠٠ قوة شمعة	٠,١٣

محرك وقود مزدوج	كفاءة = ٧٥ – ٨٠٪	٠,٥
كهرباء	١ كيلوات ساعة	٠,٢١

الفصل السابع

الطاقة صديقة البيئة

المصادر الغير تقليدية للطاقة :

NON - CONVENTIAL SOURCES OF ENERGY

١ - مقدمة :

يواجه العالم مشكلة حادة وهى أزمة الطاقة التى تهدد الإقتصاد العالمى وتفسد نظام الأمان البيئى.

أن إمتصاص انبعاثات الوقود الحفرى المستخدم فى إنتاج الطاقة يفوق قدرة المحيط الحيوى (**BIOSPHERE**) لكوكب الأرض. تركيز ثانى أكسيد الكربون – غاز الصوبة (**GREEN HOUSE**) يزداد بالتدريج فى الجو ومن المحتمل أن ينتج عنه اضطراب وأخطار ناتجة عن اضطراب المناخ نتيجة ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية. خفض تركيز ثانى أكسيد الكربون يمكن تحقيقه بترشيد استخدام الوقود الحفرى (**FOSSIL FUEL**) فى أضيق نطاق. ونعنى بالوقود الحفرى زيت البترول ومشتقاته والغاز الطبيعى والفحم. انخفاض المتاح من الوقود الحفرى وخاصة زيت البترول ذو الاستخدامات المتعددة، بالإضافة إلى قدرة العالم المحدودة فى التغلب على التلوث الساحق الذى سببه الوقود الحفرى هما العاملين اللذين أجبرا العالم فى البحث عن مصادر أخرى للطاقة بخلاف الوقود الحفرى.

فى العقود القادمة سيتم استبدال الوقود الحفرى كمصدر للطاقة بمصادر للطاقة ثرية ومتجددة وغير ملوثة حيث من المحتمل:

١- سوف يتم التخلص من الأسلحة النووية.

٢- سوف يكون مصدر الطاقة من:

أ – الطاقة الشمسية التى تتجدد يوميا بضوء الشمس.

ب – من مصادر طاقة الرياح.

جـ – من مصادر الطاقة الحيوية (**BIO ENERGY**).

د – من مصادر طاقة الحرارة الجيولوجية (GEOTHERMAL).

هـ – من طاقة أمواج البحار والمحيطات.

و – من الطاقة المائية.

ز – من مصادر طاقة الهيدروجين.

التحدى القادم لتوفير متطلبات الطاقة بتطوير التقنيات الجديدة المستخدمة للطاقة بكفاءة ويسخر مصادر الطاقة المتجددة اقتصاديا لتأكيد الضمان لأجيال القادمة.

١ - الطاقة الشمسية : (SOLAR ENERGY) :

الطاقة الشمسية لديها أقصى إمكانيات من بين كل مصادر الطاقة المتجددة. الشمس تعطى حتى ١٠٠٠ ضعف من الطاقة الزائدة عن حاجتنا وإذا أمكن استخدام كمية صغيرة من صمدر الطاقة هذا، فإن ذلك سوف يكون أهم مصادر الطاقة. عند استقبالها فى شكل إشعاعات فإنه يمكن تحويل الطاقة الشمسية بطريقة مباشرة أو غير مباشرة إلى أشكال أخرى للطاقة (حرارة وكهرباء) التى يمكن استخدامها.

الطاقة الشمسية هى التى تقوم الآتى:

أ – المحافظة على درجة حرارة الأرض أعلا من درجة حرارة الفضاء البارد.

ب – إحداث التيارات فى الجو وفى المحيطات.

جـ – حدوث التمثيل الضوئى فىالناتات.

الشمس وإن كانت مصدر للطاقة لا ينفذ ولكن لها القليل من السلبيات وهى:

أ – عدم ضمان توفر الطاقة الشمسية بسبب السحب والريح.. الخ.وخاصة فى دول الشمال الباردة

ب – يلزم مساحة كبيرة لجمع الطاقة الشمسية بمعدل مفيد.

فى مصر وفى المنطقة العربية عموما ضوء الشمس متوفر على مدار العام تقريبا، ولذلك فإن استخدام الطاقة الشمسية ستكون له أهمية بالغة.

فى الماضى كان استخدام الطاقة الشمسية محدودا لسببين وهى الاعتقاد أن الطاقة الشمسية لا يمكن تخزينها وكذلك فى أنها صورة مخففة للطاقة. ولكن الآن فقد أمكن تخزين الطاقة الشمسية بأى من الطرق الآتية:

أ – بإنتاج الهيدروجين وتخزينه.

ب – بتخزين الطاقة فى تجهيزات كهربية أو ميكانيكية.

تخزينها فى أوعية كيماويات تسمى " **Eutetic**" أى الأصهورية (الأملاح الأصهورية تختـزن كميات ضخمة من الطاقة فى حجم صغير نسبيا. وعند تسخينها فإنها تنصهر ثم تطلق حرارة عند برودتها وتبلرها" أو أملاح تغير المجال.

معظـم الطاقة يتم استقبالها من الشمس فى شكل إشعاعات ضوئية قصيرة الموجه. عند اصـطدام هـذا الإشـعاع بـسائل أو بـصلب، فإنهـا تمـتص وتتحول إلى طاقة حرارية. هذه الطاقـة الحـرارية إمـا أن تخـزن (تـسخين المـادة) أو أن تصل إلى المواد المحيطة (هواء، مـاء.. الخ) بطـريقة التوصـيل الحـرارى أو أن يعـاد إشـعاعها (فـى شكل إشعاع الموجه الطويلة إلى مادة أخرى لها درجة حرارة منخفضة نسبيا.

الـزجاج يـشكل تـداخل صـغير جـدا بالنـسبة للطاقـة الشمـسية القادمة اى انه ينقل بـسهول الإشـعاع قـصير المـوجه ولكنه ضعيف جدا بالنسبة لانتقال الشعاع طويل الموجة. ولـذلك بمجرد مرور الطاقة الشمسية خلال الزجاج وتم لامتصاصها بواسطة مادة ما داخله (ولـه قاع بالطلاء الأسود)، عندئذ فإن الحرارة لا يتم إعادة إشعاعها ثانيا خارج الزجاج (أى أن الـزجاج عمل كمصيدة للحرارة). وهذا هو المبدأ الطبيعى لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية.

تم عمـل الأبحـاث لاسـتخدام الطاقـة الشمـسية وقـد أمكـن تطبـيق اسـتغلال الطاقـة الشمسية فى المجالات الاتية:

أ — التسخين الشمسى للماء.

ب — التدفئة الشمسية للمساكن.

جـ – التقطير الشمسى.

د — التجفيف الشمسى للمنتجات الزراعية والحيوانية.

هـ — الطهى بالطاقة الشمسية.

و — توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية.

ز — توليد الطاقة الحرارية من الطاقة الشمسية.

ح — طاقة الصوبة الشمسية (**SOLAR GREEN HOUSE**٩.

١- التسخين الشمسى بالماء:

وحـدة التـسخين الشمـسى للمـاء تـشمل سطح أملس مطلى بطلاء أسود من المعدن وهو الجامع (**COLLECTOR**) ومتصل به مواسير معدنية مواجها الاتجاه العام للشمسى.

لوح التجميع له غطاء زجاجى شفاف فوقه وأسفله طبقة من العزل الحرارى.

المواسير المعدنية المتصلة بماسورة إلى خزان معزول الذى يحتفظ بالماء الساخن أثناء أيام الضباب. لوح التجميع يمتص الإشعاعات وينقل الحرارة إلى الماء الذى يدور خلال المواسير بالجاذبية أو بمضخة. هذا الماء الساخن يتم دفعه إلى خزان الحفظ خلال ماسورة توصيل.

هنا النظام لتسخين الماء يستخدم عادة فى الفنادق، المراكز الطبية، وكذلك فى الوحدات السكنية والصناعية.

٢- التدفئة الشمسية لمساكن:

يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتدفئة مساحات المبانى بطرق كثيرة منها:

أ — جمع الإشعاع الشمسى بواسطة بعض مكونات المبنى نفسه مثل دخول الشمس مباشرة خلال النوافذ المواجهة لضوء الشمس.

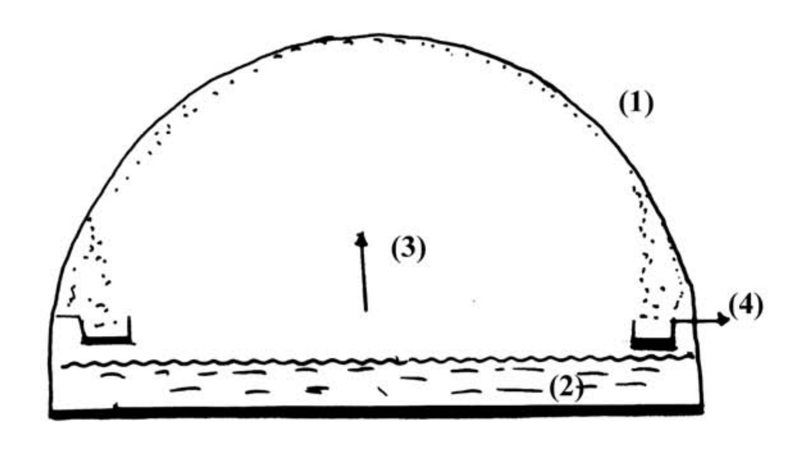
ب — تستخدم مجمعات شمسية منفصلة التى يمكنها تسخين الماء أو الهواء أو تجهيزات تخزين التى يمكنها تجميع وتراكم الطاقة الشمسية للاستخدام ليلا وفى أثناء أيام حجب أشعة الشمس بالغيوم.

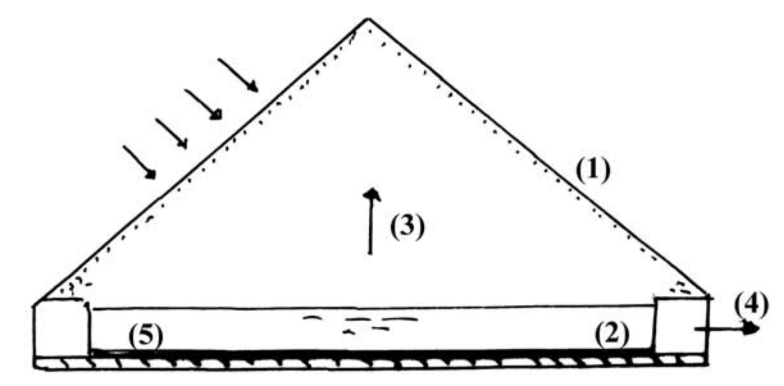
عند حاجة المبنى للحرارة من تلك المجمعات أو تجهيزات التخزين، يتم نقل الحرارة بمعدة تقليدية مثل المروحة، أو مواسير التوصيل (**DUCTS**) أو مخارج الهواء، أو تجهيزات الإشعاع (**RADITORS**).. الخ، لتسخين المساحة السكنية فى المبنى" عندما لا يحتاج المبنى للتسخين، فإن الماء أو الهواء المعزول جيدا أو اى مادة محتفظة للحرارة.

فى أيام الضباب، يتم استخدام نظام تسخين آخر باستخدام الغاز، الزيت أو الكهرباء كنظام مساندة.

٣ — التقطير الشمس: (SOLAR DISTILLATION)

فى المناطق القاحلة وشبه القاحلة وفى المناطق الساحلية توجد ندرة فى المياه الصالحة للشرب. توفر ضوء الشمس فى هذه المناطق يمكن الاستفادة به لتحويل الماء المالح إلى مياه صالحة للشرب وذلك بطريقة التقطير شكل (١)





شكل ١ نموذج لجهاز صغير لتحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية

(1) غطاء شفاف من الزجاج أو البلاستك

(2) مياه مالحة

(3) بخار الماء الصاعد

(4) مياه محلاة

(5) سطح مغطى بطبقة طلاء سوداء أو بشريحة سوداء من البلاستيك فوقها شريحة بيضاء من بلاستيك البولى إثيلين.

إمكانية الجهاز فى التحلية لانتاج رطل من المياه العذبة النقية فى اليوم لكل قدم مربع من سطح الحوض

فـى هذه الطريقة يتم مرور أشعة الشمس خلال غطاء زجاجى محكم ضد تسرب الهواء المـبطن بطـلاء أسـود محتويا على الماء المالح. الإشعاع الشمس يمر خلال الغطاء الزجاجى ويمـتص ويـتحول إلى طاقة حرارية فى سطح البطانة الأسود بما يسبب تبخر الماء من الماء المـالح. الأبخـرة المنتجة يتم تكثيفها لتكوين الماء النقى فى السطح الداخلى البارد للسقف (السقف البارد المصنوع من الزجاج ينقل تقريبا كل الإشعاعات الساقطة عليه ويمتص فقط القلـيل جـدا ولذلك فإنه يظل باردا بما يكفى لتكثيف أبخرة الماء). الماء المكثف يتدفق إلى أسفل خلال ميل السقف ويتم تجميعه فى الأحواض الموضوعة عند القاع ومنها إلى حوض تخـزين المـاء لتوفير الماء المقطر حيث المناطق القاحلة . يتم رفع ملوحة الماء المقطر بخلطة بقلـيل من الملح المتبقى فى الحوض بعد التقطير لرفع ملوحة الماء إلى ٣٠٠ جزء فى المليون وهى نسبة الملوحة التى تجعل المياه مقبولا ومستساغا للشرب.

٤ – الضخ بالطاقة الشمسية : (SOLAR PUMPHNG)

فى الضخ بالطاقة الشمسية، فإنه تستخدم الطاقة المنتجة من الطاقة الشمسية فى ضخ المياه لأغراض الرى.

متطلـبات ضـخ المـياه تكـون كـبيرة فـى شـهور الصيف الحارة والتى تتوافق مع زيادة الإشـعاعات الشمـسية أثناء تلك الفترة لذلك فإن هذه الطريقة مناسبة جدا لأغراض الرى. أثـناء فـترة الغـيوم وضـعف سطوع الشمس حيث تكون الإشعاعات الشمسية منخفضة فإن متطلـبات ضـخ المـياه تكـون بالتالى قليلة نظر لأن الفقد بالمنتج من المحاصيل بكون كذلك منخفضا.

٥ – التجفيف الشمسى للمنتجات الزراعية والحيوانية :

هـذه طـريقة تقلـيدية فـى اسـتخدام الطاقـة الشمـسية فـى مجال تجفيف الحاصلات الزراعية والمنتجات الحيوانية باستخدام الطاقة الشمسية.

يـتم تجفـيف الحاصـلات الـزراعية فـى مجفـف بـسيط عبارة عن صندوق معزول عند القـاع، ومطلـى بطـلاء أسـود مـن الداخل ومغطى بسطح زجاجى شفاف مائل. عند القاع والقمـة للأجـناب يـتم تـوفير فـتحات تهـوية لتـسهيل سـريان الهـواء فوق المادة الجارى تجفـيفها التـى توضـع علـى صـوانى مثقـبة داخل هذه الحجرة الصندوقية. تلك الصوانى المثقبة يتم تصميمها بإتقان لتوفير التعرض المحكم نحو إشعاعات الشمس.

التجفـيف الشمـسى خاصـة للفاكهـة يحـسن نوعـية الفاكهة ذلك بسبب زيادة تركيز الـسكر مـع التجفـيف. مـن الطبيعـى الفاكهة اللينة تكون معرضة لعدوانية الحشرات مع

زيـادة المحـتوى مـن الـسكر مع التجفيف ولكن فى مجفف الفاكهة يتم توفير وقت كبير بالتجفيف السريع وبما يقلل من فرصة عدوانية الحشرات.

الأداء العملـى الحـالى لتجفـيف بعض الثمار بنشرها على الأرض والذى لا يحتاج فقط إلى مـساحة كـبيرة وعمالـة يدويـة للـتداول بـل يكون من الصعب المحافظة على نوعيتها ومـذاقها إلا فـى حالـة التجفـيف فـى جو محكم. هذا، بالإضافة فإن المنتجات التى يتم تجفـيفها فـى الـشمس مباشرة عادة يحدث لها تلف بسبب إما المطر المفاجئ، العواصف الـرملية أو بواسـطة الطـيور. وكـذلك فقـد أوضحت التقارير انه من الصعب الحصول على مستوى منخفض من الرطوبة فى الثمار ذات التجفيف الشمسى المباشر. نتيجة ذلك، فإن هذه الثمار تصبح معرضة لعدوانية البكتريا والفطريات.

فـى التجفيف الشمسى المباشر أحيانا يحدث تجفيف زائد للحاصلات وتفقد نوعيتها. المجففات التى تعمل بالطاقة الشمسية تساعد فى التغلب على معظم هذه السلبيات.

مـن بـين المنـتجات الـزراعية التـى يـتم تجفـيفها بالطاقة الشمسية شرائح البطاطس، البرسـيم، حـبوب الـذرة، الأرز الغير مقشور، الزنجبيل، البازلاء، الفلفل، القطع الكبيرة من خشب الغابات، حبات ثمار الكاجو، تجفيف القشور الخشبية، تجفيف التبغ.

التجفـيف بـرش اللـبن، وتجفـيف الأسمـاك هـى أمـثلة لتجفيف المنتجات الحيوانية بالطاقة الشمسية.

الأفران الشمسية (**SOLAR FURNACES**):

فـى الفـرن الشمـسى يـتم الحـصول علـى درجـة الحـرارة العالـية بتركيـز الإشعاعات الشمـسية علـى نمـوذج باسـتخدام عـدد مـن المرايا المتحركة التى يتم تنظيمها على سطح مائـل. يـستخدم الفـرن الـشمس لدراسـة خواص السيراميك عند درجات الحرارة المرتفعة جـدا أعـلا مـن مجال القياس المعلمى باللهب وبالتيارات الكهربية. يمكن تنفيذ التسخين بـدون أي تلـوث كمـا أن درجـة الحـرارة يمكـن التحكم فيها بسهولة وذلك بتغيير وضع المـادة فـى الفرن. هذا مفيد خاصة فى العمليات الميتاليرجية والكيمائية. يوجد العديد من القياسات للمواد على النموذج المفتوح.

التطبـيق الهـام المـستقبلى للأفـراد الشمـسية هـو إنـتاج حامض النيتريك والأسمدة من الهواء.

الطهى الشمسى: (SOLAR COOKING)

العديد من الوقود مثل الفحم، الكيروسين، الغاز، الخشب، مخلفات الحيوانات والمخلفات الزراعية تستخدم فى أعمال طهى الطعام. بسبب أزمة الطاقة فإن توفير هذه الأنواع من الوقود إما أن تكون مفسدة للبيئة (الأخشاب، الفحم، الكيروسين، الغاز) أو أن تكون ذات قيمة حيث يفضل استخدامها كسماد طبيعى فى تحسين خواص التربة مثل مخلفات الحيوانات كالأبقار .. الخ. وهذا يجعل من الضرورى استخدام الطاقة الشمسية لأغراض طهى الطعام وتطوير المطابخ الشمسية.

جهاز الطهى بالطاقة الشمسية البسيط عبارة عن لوح مستوى على هيئة صندوق معدنى معزول أو خشبى مبطن ببطانة سوداء من الداخل. الإشعاعات الشمسية الداخلة إلى الصندوق هى ذات طول الموجه القصيرة. نظراً لأن الإشعاعات ذات الموجه الطويلة العالية لا يمكنها المرور خلال الغطاء الزجاجى، فإن إعادة الإشعاع من السطح الداخلى الأسود إلى خارج الصندوق خلال غطاء الزجاج يكون عند ادناه، وهذا يقلل من فقد الحرارة.

الفقد الحرارى بالحمل الحرارى (CONVECTION) يكون عند أدناه وذلك بإحكام الصندوق ضد تسرب الهواء. وهذا يتم بتوفير شريط مطاط بين الغطاء العلوى والصندوق لخفض الفقد الحرارى بسبب التوصيل الحرارى (CONDUCTION)، المساحة الفضاء بين الصانية السوداء والغطاء الخارجى للصندوق يتم ملئها بمادة عازلة مثل الصوف الزجاجى، نشارة الخشب، قشر الأرز.. الخ.

عند الوضع فى ضوء الشمس، فإن أشعة الشمس تخترق الأغطية وتمتص بواسطة السطح الأسود بما ينتج عنه ارتفاع درجة الحرارة داخل الصندوق. أوعية الطبخ التى تم طلاءها الأسود من الخارج يتم وضعها فى الصندوق الشمس. الطعام الطازج يتم طهيه بواسطة الطاقة الحرارية الناتجة من زيادة درجة الحرارة فى الصندوق الشمسى. مساحة التجميع لمثل جهاز الطهى هذا يمكن زيادتها بتوفير مرآة عاكسة مستوية . (المرآة تساوى قياس الصندوق، وتكون مثبتة بمفصلات (HINGED) على جانب واحد لإطار الزجاج وبه إمكانيات ضبط العاكس عند زوايا مختلفة مع (صندوق الشمسى). عند ضبط هذا العاكس لعكس أشعة الشمس فى الصندوق، عندئذ يتم الحصول على هذا العاكس لعكس أشعة الشمس فى الصندوق، عندئذ يتم الحصول على رفع درجة الحرارة من ٩٥م إلى ٢٥م داخل صندوق الطهى.

جهـاز الطهـى الشمـسى لا يحـتاج إلى وقود أو إلى الانتباه عند طهى الطعام ولا يوجد تلـوث، ولا تفحيم أو فوران الطعام والميزة الهامة جدا هى ان القيمة الغذائية للطعام الذى تم طهـيه تكـون مـرتفعة جـدا حـيث الفيتاميـنات والمـذاق الطبيعى للطعام لا يتم إتلافه. نكالـيف الـصيانة لجهـاز الطهـى الشمـسى تعتبر مهملة. السلبية الرئيسية لجهاز الطهى الشمـسى هـى أنه لا يمكن طهى الطعام ليلا، وأثناء الأيام حيث تحجب الشمس بالغيوم أو للطهـى الـسريع. الطهـى يـستغرق وقت أطول نسبيا (بعض الأطعمة تحتاج إلى درجة حـرارة أعـلا وتحـتاج إلى التقلـيب ليـتم طهيها جيدا ولذلك ليس من المناسب طهيها فى جهاز الطهى الشمسى).

توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية:

يمكـن إنـتاج الطاقـة الكهـربائية مباشـرة مـن الطاقـة الشمـسية بواسطة خلايا فوليته ضـوئية **PHOTO VOLTAIC CELLS ،**). الخلايـا الفوليـته الـضوئية هـى تجهيز لحفظ الطاقة الذى يستخدم لتحويل الكم الضوئى (**PHOTONS**) لضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. وهو يصنع من شبه موصلات (**SEMICONDUTORS**) التى تمتص الكم الضوئى (الفوتونات) القادمة من الشمس، منتجة إليكترونات حرة بطاقات عالية.

هــذه الطاقــة العالــية بالإلــيكترونات الحــرة يــتم إنــتاجها بالحــث أو بالــتأثير (**INDUCED**) بواسـطة مجـال كهربـى، ليتدفق خارج شبه الموصل لعمل الشغل المفيد. هـذا المجـال الكهربـى فى الخلايا الفولتية الضوئية يتم عادة توفيره بوصلة **p - n** للمواد ذات خـواص كهربية مختلفة (الخلايا الشمسية تصنع من مواد شبة موصلة، عادة بلورة سـيليكون واحدة (**SIGLE CRYSTAL SILICON**). السيليكون يصبح النوع (**N**) شـبه موصـل عـند معالجـته بالفوسـفور، الـزرنيخ أو الأنتيمون فإنه يصبح شبه موصل من الـنوع – **P** عـند المعالجـة بالـبورون، الألومنـيوم، إنـديام أو الجالـيوم. عند التصاق شبة الموصـل مـن نوع – **P** مع النوع – **N** فإنه عندئذ تتكون الوصلة شبة الموصلة (**P-N**) أو **P-N**). يـوجد العديد من تقنيات التصنيع لتمكين تلك الخلايا لتحقيق أقصى كفاءة. هذه الخلايـا تنظم على التوازى أو على التوالى لتكوين نسق خلايا (**CELL MODULES**). بعـض الظواهـر الخاصـة لهـذه النماذج أو الأنساق هو الاعتماد عليها بدرجة عالية، عدم اسـتهلاك للوقـود، أدنــى إنفــاق للتكالـيف، طـول عمـر الخدمــة، إمكانـية الـتداول (**PORTABILITY**)، النمـزجة (**MODULARITY**)، التخلص من التلوث.. الخ.

الخلايا الفولتية الضوئية استخدمت لتشغيل طلمبات الرى، السكك الحديدية، إشارات عبور الطريق، الإشارات الملاحية، نظام الإنذار للحوادث الطارئة على الطرق السريعة، القياس الآلى لمحطات المترو.. الخ. فى المساحات حيث يكون من الصعب وضع خطوط طاقة. وهى تستخدم كذلك للرصد الجوى وكمصدر طاقة محمول للتليفزيون، الحاسبات، الساعات، قراءة لوحة الكمبيوتر، شحن البطارية، وفى الأقمار الصناعية (**SATELLITES**).

بجانب تلك الخلايا الفولتية الضوئية فإنها تستخدم كمصدر طاقة لمجموعات الطلمبات للرى، إمدادات مياه الشرب ولتوفير الطاقة الكهربية فى المناطق الريفية مثل إضاءة الشوارع.

إنتاج الطاقة الشمسية الحراية :

(SOLAR THERMAL POWER PRODUTICON)

إنتاج الطاقة الشمسية الحرارية يعنى تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية خلال طاقة حرارية. فى هذه العملية، تستخدم الطاقة الشمسية اولا فى تسخين السائل، الغاز، الماء أو أى سائل آخر متطاير. هذه الطاقة الحرارية يتم عندئذ تحويلها إلى طاقة ميكانيكية فى تربين. وأخيرا يتم توصيل المولد التقليدى مع التربين لتحويل هذه الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية.

إنتاج الطاقة خلال البرك الشمسية :

(PRODUCTION OF POWER THROUGH SOLAR PONDS)

البركة الشمسية عبارة عن كتلة مائية طبيعية أو صناعية تستخدم لتجميع وامتصاص الأشعة الشمسية وتخزينها كحرارة. وهى ضحلة جدا (بعمق ٥ — ١٠سم) ولها قاع يمتص الإشعاع (بلاستيك أسود). ولها غطاء منحنى من الصوف الزجاجى فوقها الذى يسمح بدخول الأشعة الشمسية ولكن يقلل الفقد الإشعاع والانتقال (حركة الهواء). الفقد فى الحرارة إلى الأرض يكون عند أدناه بتوفير طبقة من مادة عازلة أسفل البركة.

البرك الشمسية تستخدم الماء لجمع وتخزين الطاقة الشمسية التى تستخدم فى تطبيقات كثيرة مثل تسخين مساحات فى مبنى، تسخين العمليات الصناعية ولتوليد الكهرباء بتشغيل التربين باستخدام سائل عضوى أو متبخر له درجة حرارة غليان منخفضة.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups/ /Biothesis

https://www.researchgate.net/profile/ /Salam_Ewaid

07807137614



الصوبة الشمسية: (SOLAR GREEN HOUS)

الصوبة هى منشأ مغطى بمادة شفافية (من الزجاج أو من البلاستيك) التى تعمل كجامع للطاقة الشمسية ويستخدم طاقة الشمس الإشعاعية لنمو النباتات. وهذا المنشأ مجهز بتجهيزات تسخين وبتبريد وتهوية لإحكام درجة الحرارة داخل الصوبة.

الإشعاعات الشمسية يمكن أن تمر خلال الزجاج ولكن الإشعاعات الحرارية المنبعثة بالمواد داخل الصوبة لا يمكنها الهروب خلال السطح الزجاجى. نتيجة لذلك، فإن الإشعاعات يتم حجزها خلال الصوبة وينتج عنها ارتفاع فى درجة الحرارة.

(زيادة الحرارة أو درجة الحرارة العالية لها تأثير سلبى على محصول النبات لذلك فإن التهوية (المراوح) تكون أساسية فى حالة زيادة درجة الحرارة أعلا من ٤ م).

نظرا لأن منشأ الصوبة له حدود مغلقة، فإن الهواء داخله يصبح غنى بثانى أكسيد الكربون ولا يوجد خلط لهواء الصوبة مع الهواء الجوى. بالإضافة، إلى أنه يوجد خفض فى فقد الرطوبة بسبب محدودية نتح النبات. كل تلك الظواهر تساعد فى استمرار نمو النبات خلال اليوم وكذلك خلال الليل وخلال كل العام.

رغم أن الطاقة الشمسية تكون متقطعة وغير مستمرة فى كثير من دول الشمال الباردة والطريقة المختلفة التى تصل طاقة الشمس إلى سطح الأرض، والمساحة الضخمة اللازمة لتجميع الطاقة بمعدل مفيد، فإن الطاقة الشمسية تعتبر مصدر مفيد وغير مسبب لتلوث وله صفة الاستمرارية لإنتاج الطاقة.

طاقة الرياح: (WIND ENERGY)

التسخين الغير متساوى لسطح الأرض بحرارة الشمس هو المسئول عن دوران الهواء فى الجو. الهواء فوق المنطقة الساخنة مباشرة يتمدد. ولكونه أخف فى الكثافة فإنه يدفع إلى أعلا بواسطة الهواء الأبرد والأكثر كثافة حيث يتدفق فى المناطق المحيطة بما ينتج عنه وجود الرياح (الرياح هى عبارة عن الهواء فى حالة حركة).

نظراً لأن الريح يكون سببه عدم تساوى تسخين الهواء فإنه يمكن القول بأنه شكل غير مباشر للطاقة الشمسية.

طاقة الرياح هى مصدر طاقة متجدد وغير ملوث. ولها قدرات مهولة، فى حالة كبحها يمكن بسهولة تحقيق متطلبات الطاقة فى المدينة.

لقد أظهرت التقديرات أن ٢٪ من إجمالى الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض تتحول إلى طاقة حركية فى الجو ٣٠٪ من هذه الطاقة الحركية يحدث عند أدنى

١٠٠٠ متر من الارتفاع أي أن أدنى كيلو متر هذا لديه أقصى طاقة حركية التى يمكن أن تتحول إلى طاقة ميكانيكية والتى بالتالى يمكن استخدامها لتوليد الكهرباء أو لأداء شكل آخر من الشغل المفيد. نظرا لأن الطاقة التى تمتلكها الرياح ترجع إلى حركتها لذلك فإن التجهيز المستخدم لاستخلاص تلك الطاقة قد يجب أن يكون قادرا على إبطاء الرياح.

تحويل طاقة الرياح عبارة عن تجهيزات تشبه التربينات الهوائية وتستخدم فى تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية.

تتكون تربينات الرياح أساسا من قليل من الريش والأزرع حول محور مركزى. عند هبوب الرياح ضد هذه الريش أو الأزرع، فإنها تدور حول المحور. حركة الدوران هذه تستخدم لأداء شغل مفيد. بتوصيل تربين الريح بمولد كهربى فإنه يمكن تحويل طاقة الريح إلى طاقة كهربية.

هذا يجعل إرتياد طاقة الرياح مشروع ثمين. ولكنه مفيد فقط فى تلك المناطق ذات الرياح المستقرة إلى حد ما وفى المناطق البعيدة التى تكون بعيدة عن مصادر الطاقة وحيث تكون مصادر الطاقة غير متاحة أو ذات تكلفة مرتفعة للتوليد أو للتوزيع فى مساحات صغيرة ومنتشرة. فى التجمعات الريفية استخدمت طواحين الهواء منذ القدم فى طحن الحبوب وضخ المياه لمختلف الاستخدامات.

طاقة الرياح متاحة فى شكل مخفف وهى ذات طبيعة متغيرة بما يتطلب طاقة تخزين ومصدر طاقة بديل للاستخدام فى حالة عدم توفر الرياح. حاليا نظم طاقة الرياح الاعتماد عليها محدود علميا كما إنها مصدر للتلوث الضوئى. يلزم أبحاث إضافية للتنمية لتحقيق كبح هذه الطاقة الكبيرة الغير ملوثة والمتجددة.

الطاقة الحيوية: (BIO ENERGY)

النباتات الخضراء تقتنص الطاقة الشمسية خلال عملية التمثيل الضوئى وتحولها إلى مادة عضوية. هذه المادة العضوية المعروفة بالكتلة البيولوجية (**BIOMAS**) وهى أساسا شكل للطاقة الشمسية التى تحولت إلى طاقة كيميائية بواسطة النبات الأخضر، أي طاقة شمسية فى شكل طاقة كيميائية. الطاقة الحيوية يتم توليدها عند حرق هذه الكتلة الحيوية فى شكل الأخشاب أو الفحم النباتى أو المخلفات الزراعية أو عند حرق المخلفات الحيوانية.

الكتلة الحيوية الجافة مثل الخشب، القش، المواد الخضراء الجافة أو حمأة الصرف الصحى أو المخلفات الحيوانية الجافة يمكن أن تنتج طاقة حيوية بالحرق المباشر. بينما

الكتلة الحيوية الرطبة مثل مياه الصرف الصحى والمخلفات الحيوانية يلزم تحللها لاهوائيا، حيث يمكن إنتاج الغاز الحيوى (BIO - GAS) الذى هو خليط من غاز الميثان (CH_4) بنسبة حوالى ٧٠٪، ٣٠٪ غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2.

فى وحدة إنتاج الغاز الحيوى (BIO GAS) فإن المخلفات الحيوانية وحمأة الصرف الصحى .. الخ. فى شكل ردغة (SLURRY) يتم تخميرها بمعزل عن الهواء لتكوين الغاز العضوى. الردغة الناتجة التى تحتجز كل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الموجود فى شحنة المخلفات يمكن أن تستخدم كمادة تسميد ممتازة ذلك لأن المكونات السمادية فى الردغة المهضومة هى فى شكل يمكن من استغلاله المباشر بواسطة النبات.

الغاز الحيوى له قيمة طاقة عالية (٥٠٠٠ – ٥٥٠٠ كيلو كالورى/ الكيلوجرام) ويمكن أن يستخدم فى أغراض طهى الطعام، ولتشغيل المحركات الصغيرة لضخ المياه، للإضاءة، لتدفئة وفى وحدات استخدام الغاز الحيوى ٠ كوقود للغلايات أو المحركات أو المولدات.. الخ). التربينات الغازية عالية الكفاءة التى وقودها الغاز الحيوى تستخدم لإنتاج الطاقة. فى المناطق الريفية يمكن كذلك استخدام الغاز الحيوى لإمداد عامود إدارة الطلمبات الزراعية بالطاقة والتشغيل ماكينات مثل ماكينات حصد وتجهيز الحاصلات الزراعية.

استخدام المخلفات الزراعية والحيوانية لإنتاج الغاز الحيوى أكثر إفادة عن استخدامه مباشرة كوقود أو كسماد للآتى:

أ – الغاز الحيوى هو مصدر طاقة مخزن.

ب – مصدر الطاقة هذا له استخدامات كثيرة تزيد عن مصادر الطاقة التقليدية التى تم توليده منها.

جـ – المنتج الثانوى لإنتاج الغاز الحيوى هو الردغة (SLURRY) الذى فيه القيمة السمادية لمخلفات تم احتجازها بالشكل الذى يمكن من استخدامه مباشرة بواسطة النبات.

د – مع خفض الكائنات الغائطية المرضة، فإن الغاز الحيوى يقل من فرص انتقال الكائنات الحاملة لأمراض الوبائية المرضة من مخلفات محصول أحد السنين إلى المحصول التالى.

سكان المناطق الريفية حيث الدخول الضعيفة استخدمت وقود الأخشاب ولمواجهة خفض الوقود فى مثل هذه المناطق فإنه تم استخدام برنامج زراعة الطاقة

(ENERGY PLANTATION PROGRAMME) . وهنا البرنامج هو طريقة لكبح أقصى طاقة شمسية بنمو نباتات خشبية كثيرة. الزراعة الشمسية أو مزارع الطاقة هى الأسلوب المثالى لحصد الطاقة والذى يوفر الوقود الخشبى قريبا من مصدر الاستهلاك. النباتات مثل الحشائش والطحالب، ونبات (EICHHORNIA) وهو زهرة جميلة من الزئبقيات.. الخ. تنمو بهدف رئيسى وهو حصد الطاقة الشمسية وتحويلها حيويا إلى الميثان (CH_4). هذا بجانب فإن الأشجار مثل الجزورين والكاسيا ونبات الأيوكاليتس (EUCALYTUS) وهو نبات يستخدم ورقه وزهره طبيعيا.. الخ، هذه النباتات تعتبر محاصيل طاقة جيدة أو محاصيل حرارية نظرا لإنتاجيتها العالية، مع أدنى حاجة للماء، وأدنى رعاية فى الزراعية وسهولة الإدارة على المستوى الكبير.

الطاقة الحيوية المنتجة بواسطة النبات لها مميزات أكثر من الطرق الأخرى لكبح الطاقة الشمسية مثل الحرارية أو طرق الفولتية الضوئية للآتى:

أ – النبات تؤكد الإمداد المستمر بالطاقة بسبب نموه المستمر.

ب – تكاليف الحصول على الطاقة الحيوية خلال النبات أقل من تلك التكاليف للحصول على الطاقة من الوقود الحفرى.

جـ – احتراق لكتلة الحيوية لا يسبب تلوث الهواء بغاز SO_2 نظرا لأن محتوى النبات من الكبريت يقل عن ٠,١٪ أى يمكن إهماله هذا بجانب أن الرماد الناتج عن الاحتراق للمواد النباتية يكون غنيا بمواد غذاء النبات.

د – نمو الكتلة الحيوية يستهلك أكسجين اكثر عن ذلك المنطلق أثناء حرق الكتلة الحيوية بجانب إثراء الجو بالأكسجين النقى كمنتج ثانوى لعملية التمثيل الضوئى.

لذلك، فإن الطاقة الحيوية (BIO - ENERGY) لها قدرة كامنة هائلة، خاصة لمناطق الريفية والمنعزلة والتى لم يتم خدمتها بشبكة الكهرباء التقليدية والتى هى ذات تكلفة مرتفعة.

الطاقة الجيولوجية الحرارية: (GEOTHERMAL ENERGY)

الطاقة الجيولوجية الحرارية هى الطاقة التى تكون مدفونة خلال القشرة الأرضية.

توجد زيادة فى درجة الحرارة للتربة مع زيادة العمق أسفل سطح الأرض. كل الحرارة المخزونة فى القشرة الأرضية كطاقة حرارية تشكل مصدر طاقة لا يستنفذ.

الصخور الساخنة المنصهرة التى تسمى الماجما (MAGMA) تكون موجودة (بعمق ٢٥ – ٤ كيلو متر) فى قلب الأرض. هذه الماجما المنصهرة أحيانا تدفع إلى أعلا خلال

السطح منتجة الأداء البركانى. عند وصول المياه الجوفية إلى هذا الصخر ذو الحمم المنصهرة فإنه يتم تسخينه بواسطة حرارة الصخر والماجما المنصهرة ويصعد إلى السطح فى شكل بخار أو فى شكل مياه ساخنة (٢٠٠ – ٣٠٠م).

هذا الماء الجيولوجى الحرارى أو البخار يستخدم لتشغيل التربينات لتوليد الطاقة الكهربية. مصادر الطاقة الجيولوجية الحرارية تستثمر كذلك فى قطاعات أخرى مثل التسخين، مزارع الدواجن، وزراعة بعض النباتات مثل المشروم وفى الصناعات الكيمائية.. الخ. كما يستفاد به فى تدفئة الصوبات الزراعية.

من بين العيون الدافئة فى مصر هما العين السخنة فى خليج السويس وعين جيفار فى الجنوب الغربى لمنخفض القطارة.

الطاقة الجيولوجية الحرارية هى الأكثر تقلبا والأقل مصادر الطاقة المتجددة تلوثا ولكن لها العيوب القليلة الآتية:

أ – الهبوط السطحى يحدث أحيانا نتيجة سحب كميات ضخمة من البخار أو من الماء من المصدر الجيولوجى الحرارى.

ب – تلوث الهواء ينتج فى حالة انطلاق غازات مثل H_2S، NH_3، CO_2 الموجودة فى البخار والماء الساخن القادم من المصدر الجيولوجى الحرارى.

جـ – يحدث تلوث سمعى من عمليات الحفر فى الحقول الجيولوجية الحرارية.

د – الكفاءة الكلية لإنتاج الطاقة قليلة (١٥٪ مقارنة بـ ٣٥ – ٤٠٪ من الوقود الحفرى).

مصادر طاقة البحار والمحيطات: (OCEON ENERGY RESOURCES)

مصادر طاقة البحار والمحيطات تشمل تحول طاقة البحار الحرارية وطاقة المد والجزر وطاقة الموج.

طاقة البحار والمحيطات هى شكل غير مباشر للطاقة الشمسية. البحار والمحيطات تمتص الأشعة الشمسية. ينتج عن ذلك تدرج فى درجة حرارة فى المياه السطحية – إلى أسفل أي مياه سطحية دافئة ومياه عميقة أبرد.

محطات تحويل طاقة البحار الحرارية تحول الطاقة الشمسية المخزونة كحرارة فى البحار إلى طاقة كهربية بالاستفادة بهذا الاختلاف فى درجة الحرارة. هذه العملية مبنية على المبدأ الديناميكى الحرارى الذى ينص على أنه فى حالة توفر مصدر الحرارة (مياه

السطح الدافئة) عند درجة حرارة أعلا وحرارة أقل (مياه باردة عميقة) فإنه يمكن استخدام فرق درجة الحرارة فى ماكينة (تربين) الذى يمكن أن يحول جزء من الحرارة المأخوذة من المصدر إلى طاقة ميكانيكية (بربط التربين بمولد). الحرارة المتبقية يتم صرفها إلى الغرض الذى عند درجة حرارة أقل. سطح الماء يعمل كجامع للطاقة الشمسية والطبقة العليا للبحر تعمل كخزان حفظ للحرارة.

النقل الغير مكلف للكهرباء من محطة مصادر الطاقة من المحيطات والبحار إلى الأرض (بالكابل الغاطس – **CABLE–SUBMARINE**) يمكن شريطة أن تكون المحطة لا تقل عن ٤٠ كيلو متر من الشاطئ. عند مسافات اكبر، فإن تكاليف النقل تزداد.

طاقة المد والجزر: (TIDAL ENRGY)

يتكون المد والجزر بسبب تأثير الجاذبية للشمس والقمر على الأرض. قوة الجاذبية تسبب الارتفاع والهبوط لمنسوب ماء البحر يكون إيقاعه مع الإيقاع اليومى بسطوع وأفول الشمس والقمر. هذا الارتفاع والنزول من آن إلى آخر يسمى المد والجزر، يمكن استخدامه لإنتاج طاقة كهربية والتى تعرف عندئذ كطاقة المد والجزر (**TIDER POWER**).. ارتفاع الموج هو الذى يمكن من إنشاء محطة طاقة اقتصادية.

طاقة الموج: (WAVE ENERGY)

تنمية طاقة الموج لم تتم فى أى مكان حتى الآن وطاقة أمواج البحار والمحيطات لم يتم ارتيادها إلى أقصى الإمكانيات للأغراض الإنسانية باستثناء إمدادات الطاقة للمساعدة فى الطفو والملاحة.

الطاقة المائية: (HYDRO POWER HYDRO ENERGY)

يمكن حصد الطاقة المائية من تدفقات وسقوط المياه. المياه خلف الخزانات وعند ارتفاع لها طاقة وضع جيدة التى يتم تحويلها إلى طاقة ميكانيكية أو طاقة كهربية. يتم إطلاق الماء بالتدريج حيث يسقط بفعل الجاذبية ويدير تربينات هوائية ومولدات كهربائية.

الطاقة المائية هى كذلك مصدر آخر غير مباشر لاستخدام الطاقة الشمسية. الطاقة المائية ذات إمكانيات كبيرة فى الإمداد بالطاقة.

الخزانات والسدود الصغيرة وكذلك الكبيرة يلزم تقييم آثارها البيئية لتوليد الطاقة الكهربية.

طاقة الهيدروجين : (HYDROGEN ENERGY)

الهـدروجين هـو مـصدر غـير تقلـيدى للطاقـة ويمكـن إنتاجه من الماء المتاح بوفرة فى الطبـيعة. ولـه محتوى عالى من الطاقة كما أن حرقة غير ملوث للبيئة. ولكن توجد بعض المـشاكل الفنـية التـى يلـزم الـتغلب عليها قبل تطبيقاته كمصدر هام للطاقة. هذه المشاكل تشمل الإنتاج، التخزين، النقل، التأمين، الاعتبارات الاقتصادية.

يمكـن إنـتاج الهـيدروجين مـن الوقـود الحفرى ولكن عادة يتم الحصول عليه من الماء بواسـطة الطاقة الكهربائية والتى قد تكون بالتالى من طاقة جيولوجية حرارية أو من طاقة الرياح أو من الطاقة الشمسية.. الخ.

تخـزين الهـيدروجين وحفظـه يمكـن ولكنه عملية صعبة مقارنة بحفظ منتجات الوقود الحفرى مثل الجازولين.. الخ.

التعبئة كغاز أو كسائل مكلف وكذلك له مخاطره. عادة يتم تخزين الهيدروجين تحت سطح الأرض.

تقـل الهـيدروجين عـادة يـتم خـلال خطـوط مواسير وهى عملية تخصيصه جدا والتى تتطلب تحويله إلى الغاز المضغوط أو إلى السائل أو فى شكل معدن صلب.

يمكـن اسـتخدام الهـيدروجين لتولـيد الكهـرباء وفـى الاسـتخدامات المنـزلية وفـى الاستخدامات الصناعية وكوقود للسيارات وفى الطائرات النفاثة (الهيدروجين السائل).. الخ.

(الهـيدروجين يعتـبر انظـف وقـود محروق ونواتج الحرق هى فقط بخار الماء وكميات صغيرة جدا من أكاسيد النيتروجين).

وأخيراً:

إن الاسـتنزاف الـسريع والمتنامى لمصادر الطاقة التقليدية قد أدى على تكثيف البحث لمـصادر طاقـة بديلـة. وقـد بـدأت الحكـومات فـى كـل بلاد العالم التركيز على استغلال الطاقـات الـضخمة التـى لم يـتم اسـتغلالها مـن المـصادر الغـير تقلـيدية باستخدام الطرق والأساليب والتقنيات المختلفة والحديثة.

الـبداية فـى هـذا الاتجـاه هـو تبنـى تجهيـزات مـثل المطـابخ الشمـسية، السخانات الشمسية، التسخين بدون دخان.

أزمة الطاقة يمكن حلها بإعداد برنامج تنمية المصادر الغير تقليدية جنبا إلى جنب مع ترشيد استخدام الطاقة التقليدية.

المراجع:

1- BARRY, R. G. AND CHORLEY. R. J. (1982), ATMOSPHERE, WEATHER AND CLIMATE, TH ED, METHUEN, LONDON.

2- COKER. R. E (1954), STREAMS, LAKES AND PONDS, UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA PRESS, CHAPEL HILL, USA.

3- HOLLAND, H. D, (1978) THE CHEMISTRY OF ATMOSPHERE AND OCENS. WILEY, NEWYORK.

4- ODUM, E. P. (1971) FUNDAMENTALS OF ECOLOGY 3 RD ED – SAUNDERS, PHILADEL PHIA.

5 – INDUIAN PUBLI CATIONS ABOUT ENVIRON MENTAL ENGINEERING.

محتويات الكتاب